

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-280288
(P2002-280288A)

(43)公開日 平成14年 9 月27日 (2002. 9. 27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		C 0 1 B 11/00	H 2 F 0 6 6
G 0 1 B 11/00		C 0 3 F 7/22	H 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/22		9/00	H
9/00		H 0 1 L 21/30	6 0 2 M

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 27 頁)

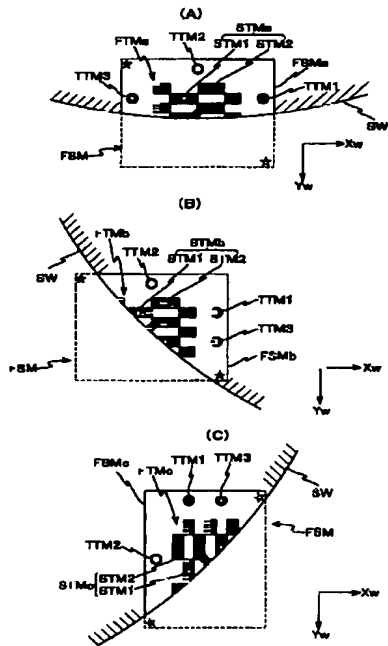
(21)出願番号	特願2001-78780(P2001-78780)	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22)出願日	平成13年3月19日(2001. 3. 19)	(72)発明者	沖田 晋一 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(72)発明者	高橋 嗣 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(74)代理人	100107901 弁理士 立石 篤司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 較正用基準ウエハ、較正方法、位置検出方法、位置検出装置、及び露光装置

(57)【要約】

【課題】 位置検出装置の較正を精度良く行う。
【解決手段】 複数の形状特徴点を有する第1マーク (FTMa, FTMb, FTMc) と、形状特徴点それぞれの前記第1マーク内における位置を特定するための第2マーク (STMa, STMb, STMc) とを含む第1基準マーク (FSMa, FSMb, FSMc) が形成された較正用基準ウエハSWを、位置検出装置を較正する撮像装置によって撮像する。そして、撮像結果において、第2マーク (STMa, STMb, STMc) によって第1マーク (FTMa, FTMb, FTMc) 内における位置が特定された複数の形状特徴点の位置を検出することにより、撮像装置の撮像倍率、撮像視野の回転量、及び撮像視野の中心位置等について、精度良く較正を行う。



(2) 002-280288 (P2002-280288A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウエハの外縁付近における3以上の撮像対象領域の撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を検出する位置検出装置の較正に使用される較正用基準ウエハであって、

前記撮像対象領域それぞれに、第1基準マークが形成された基板から成り、

前記第1基準マークそれぞれは、互いに交差する2方向それぞれに沿って、所定距離だけ離れて配列された形状特徴点を有する第1マークと、前記形状特徴点それぞれの前記第1マーク内における位置を特定するための第2マークとを含むことを特徴とする較正用基準ウエハ。

【請求項2】 前記第1マークは、複数の矩形パターンが市松模様状に配列されていることを特徴とする請求項1に記載の較正用基準ウエハ。

【請求項3】 前記第1基準マークは、前記第2マークが撮像視野外であった場合に撮像視野と前記基板との位置関係を特定するための第3マークを更に含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の較正用基準ウエハ。

【請求項4】 前記基板の表面には、前記基板の中心軸回りの回転量の基準となる第2基準マークが更に形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の較正用基準ウエハ。

【請求項5】 ウエハ支持面の法線回りに回転可能な支持装置によって支持されたウエハの外縁付近における3以上の撮像対象領域それぞれに応じて配置された3以上の撮像装置による撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を検出する位置検出装置の較正方法であって、前記支持装置によって支持された請求項1～3のいずれか一項に記載の較正用基準ウエハを、前記撮像装置によって撮像し、その撮像結果に基づいて、前記第1マーク及び前記第2マークが対応する前記撮像装置の視野領域内に入るように前記較正用基準ウエハの位置を調整する基準ウエハ位置調整工程と；前記基準ウエハ位置調整工程において位置調整された前記較正用基準ウエハに関する前記第1マーク及び前記第2マークの撮像結果に基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置の少なくとも一方を較正する較正工程と；を含む較正方法。

【請求項6】 前記較正用基準ウエハには、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量の基準となる第2基準マークが更に形成されており、前記較正工程では、前記基準ウエハ位置調整工程において位置調整された前記較正用基準ウエハの前記第2基準マークを観察し、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を計測し、その計測結果と前記較正用基準ウエハに関する前記第1マーク及び前記第2マークの撮像結果とに基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置を較正することを特徴とする請求項5に記載の較正方法。

【請求項7】 前記撮像装置の較正は、前記撮像装置における撮像倍率、撮像視野の回転量、及び撮像視野の中

心位置の少なくとも1つの検出であることを特徴とする請求項5又は6に記載の較正方法。

【請求項8】 前記支持装置の較正は、前記支持装置における回転計測量と実際の回転量との関係及び回転中心位置の少なくとも1つの検出であることを特徴とする請求項5～7のいずれか一項に記載の較正方法。

【請求項9】 前記基準ウエハ位置調整工程では、前記較正用基準ウエハの表面とほぼ平行な面に沿った前記較正用基準ウエハの並進位置の調整は、前記支持装置から前記較正用基準ウエハを受け取ったステージ装置によって行われ、

前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転位置の調整は、前記支持装置によって行われることを特徴とする請求項5～8のいずれか一項に記載の較正方法。

【請求項10】 前記較正工程では、前記ステージ装置と前記支持装置との間における前記較正用基準ウエハの受け渡し時に発生する可能性のある前記較正用基準ウエハの位置のずれに関する補正を行うことを特徴とする請求項9に記載の較正方法。

【請求項11】 前記基準ウエハ位置調整工程に先立って、前記撮像対象領域それぞれに視野領域調整マークが形成され、前記支持装置によって支持された工具ウエハを前記撮像装置によって撮像し、その撮像結果に基づいて前記撮像装置の視野領域の位置を調整する視野領域位置調整工程を更に含むことを特徴とする請求項5～10のいずれか一項に記載の較正方法。

【請求項12】 ウエハ支持面の法線回りに回転可能な支持装置によって支持されたウエハの外縁付近における3以上の撮像対象領域それぞれに応じて配置された3以上の撮像装置による撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を検出する位置検出方法であって、請求項5～11のいずれか一項に記載の較正方法によって、前記撮像装置及び前記支持装置の較正を行う装置較正工程と；前記支持装置によって前記ウエハを支持するウエハ支持工程と；前記支持装置によって支持された前記ウエハを、前記撮像装置によって撮像するウエハ撮像工程と；前記ウエハ撮像工程における撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を求めるウエハ位置情報検出工程と；を含む位置検出方法。

【請求項13】 ウエハの外縁付近における3以上の撮像対象領域の撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置を検出する位置検出装置であって、前記ウエハを支持し、ウエハ支持面の法線回りに回転可能な支持装置と；前記支持装置によって支持された前記ウエハの外縁付近における3以上の撮像対象領域それぞれに応じて配置された3以上の撮像装置と；前記撮像装置の視野領域の位置を調整する視野領域位置調整装置と；前記支持装置によって支持された請求項1～3のいずれか一項に記載の較正用基準ウエハの前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記撮像装置及び前記支持装

(3) 002-280288 (P2002-280288A)

置を較正する較正装置と；を備える位置検出装置。

【請求項14】 前記較正装置は、前記較正用基準ウエハの位置を調整する較正用基準ウエハ位置調整装置と；前記較正用基準ウエハ位置調整装置によって位置調整された前記較正用基準ウエハの前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置に関する較正量を算出する較正量算出装置と；を備えることを特徴とする請求項13に記載の位置検出装置。

【請求項15】 前記較正用基準ウエハには、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を計測するための第2基準マークが更に形成されており、前記較正装置は、前記較正用基準ウエハの前記第2基準マークを観察し、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を計測する回転量計測装置を更に備えることを特徴とする請求項14に記載の位置検出装置。

【請求項16】 露光用ビームを基板に照射して、前記基板に所定のパターンを形成する露光装置であって、前記基板の位置情報を検出する請求項13～15のいずれか一項に記載の位置検出装置と；前記位置検出装置により位置情報が検出された前記基板を搭載するステージを有するステージ装置と；を備える露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、較正用基準ウエハ、較正方法、位置検出方法、位置検出装置、及び露光装置に係り、より詳しくは、ウエハの位置検出を精度良く行う位置検出方法及び位置検出装置、該位置検出装置の較正方法、該較正方法で使用する較正用基準ウエハ、並びに当該位置検出装置を備える露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「基板又はウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。かかる露光装置においては、露光に先立ってレチクルとウエハとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。

【0003】このため、ウエハの移動を規定する基準座標系とウエハ上のショット領域の配列に関する配列座標系（ウエハ座標系）との位置関係の高精度な検出（詳細（ファイン）アライメント）を行うために、ウエハ内の数箇所のファインアライメントマーク（回路パターンとともに転写された詳細位置合わせマーク）が計測され

る。そして、最小二乗近似等で各ショット領域の配列座標を求めた後、露光に際しては、その演算結果を用い、ウエハステージの精度に任せてステッピングを行うエンハンスト・グローバル・アライメント（以下、「EGA」という）が広く使われている。

【0004】かかるEGAのためには、ウエハ上の所定箇所に形成されたファインアライメントマークを高倍率で観測を行う必要があるが、高倍率で観測を行うには、観測視野が必然的に狭いものとなる。そこで、狭い観測視野で確実にファインアライメントマークを捉えるために、ファインアライメントに先立って、以下のような、基準座標系と配列座標系との位置関係の検出を行っている。なお、ファインアライメントの前にいわゆるサーチ（ラフ）アライメントを行う場合には、サーチアライメントに先立って、サーチマークを観測視野に捉えるために、基準座標系と配列座標系との位置関係の検出が行われる。

【0005】まず、位置検出の対象物であるウエハについて、そのウエハの外縁形状を観察する。そして、観察されたウエハ外縁のノッチやオリエンテーション・フラットの位置やウエハ外縁の位置等に基づいて、所定の精度で、基準座標系と配列座標系との位置関係を検出する。この検出を、以下では「リアアライメント」という。なお、半導体素子の製造に使用されるウエハはほぼ円形であるので、円の方程式を規定するために必要な3つのパラメータ（中心の2次元位置及び半径）の導出に必要な少なくとも3箇所の外縁位置を検出している。

【0006】こうしたリアアライメントにあたっては、少なくとも3箇所のウエハの外縁位置を撮像し、画像処理を行ってウエハの外縁位置を検出することが一般的に行われているが、精度良く位置検出を行うためには、撮像に使用されるCCDカメラ等の撮像装置の撮像特性の較正が精度良く行われることが必要である。すなわち、露光対象となるウエハの撮像前に、撮像装置の倍率（X方向倍率及びY方向倍率）、撮像視野の回転量、及び撮像視野の中心位置の較正を精度良く行わなければならない。

【0007】また、従来は、リアアライメントのための撮像にあたっては、レーザ干渉計等によって非常に精度良く位置検出されるステージに設けられた、上下動及び回転が可能なセンターテーブル上に載置したウエハを撮像することが一般的であった。このため、リアアライメントにおける位置検出の資源を使用して、回転テーブルの回転中心位置、及び回転量と回転センサの回転計測量との関係についても較正を行っていた。

【0008】以上のような較正を行うために従来から採用されている構成例が、図20（A）に示されている。この図20（A）に示されるように、X位置計測用のレーザ干渉計IFX及びY位置計測用のレーザ干渉計IFYによってXY位置が精度良く検出されるウエハWST

(4) 002-280288 (P2002-280288A)

上のウエハホルダWHLのセンターテーブルCTに保持された工具ウエハJWが、撮像装置としてのCCDカメラ40a, 40b, 40cによって撮像される。これらのCCDカメラ40a, 40b, 40cは、較正用の工具ウエハJWの3箇所の外縁部を撮像するように配置されており、それらの視野内にそれぞれ工具ウエハJW表面に形成されたマークJMa, JMb, JMcが入るように工具ウエハJWの位置が調整されている。ここで、マークJMa, JMb, JMcとしては、例えば、図20(B)に示されるような、2つの矩形状のパターンがその対角線方向に配列されて構成されるいわゆる十字マークが採用されていた。

【0009】そして、ウエハステージWSTをXY方向に駆動することにより、工具ウエハJWをXY方向に移動させつつ、十字マークJMa, JMb, JMcそれぞれの中心位置の撮像視野内における位置を求めることにより、CCDカメラ40a, 40b, 40cの倍率(X方向倍率及びY方向倍率)、撮像視野の回転量、及び撮像視野の中心位置の較正を行っていた。また、十字マークJMa, JMb, JMcが撮像視野内に収まる範囲内でセンターテーブルCTを回転し、そのときの例えばロータリエンコーダによる回転量の計測結果と、CCDカメラ40a, 40b, 40cによる十字マークJMa, JMb, JMcの中心位置の検出結果とに基づいて、実際の回転量と回転センサの回転計測量との関係、すなわちいわゆる回転レートについての較正を行うとともに、十字マークJMa, JMb, JMcの中心位置の検出結果に基づいて、ウエハステージWSTのXY位置とセンターテーブルCTの回転位置中心との関係を求めている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来の較正方法では、較正精度は、工具ウエハと一体的に移動するウエハステージの位置検出精度に依存している。したがって、従来の較正方法による高精度の較正は、レーザ干渉計等の精度良い位置検出装置によって位置検出されるウエハステージ上のウエハホルダのセンターテーブルに工具ウエハを搭載することが前提条件となっている。

【0011】ところで、ウエハホルダに上下動可能なセンターテーブルを設けると、不可避免的にウエハホルダ表面の平坦度が低下することになる。また、センターテーブルを設けると、ウエハホルダ内部に、センターテーブルの上下動機構を収納することが必要となるため、ウエハホルダの大型化を招くことになる。

【0012】また、従来のようにウエハステージ上のウエハホルダのセンターテーブルにウエハをロードした後、プリアライメントを行う手順とすると、ウエハ交換→プリアライメント→[サーチ(ラフ)アライメント]→ファインアライメント→露光が順次行われていた。この結果、ウエハ1枚の処理に要する時間は、ウエハ交換

時間+プリアライメント時間+[サーチ(ラフ)アライメント時間+]ファインアライメント時間+露光時間に決定されていた。

【0013】そこで、ウエハ処理のスループットを向上するためには、ウエハ交換等とプリアライメントとを並行処理することが考えられるが、かかる場合には、ウエハステージにウエハをロードせずにプリアライメントを行うことが必要となる。この結果、ウエハステージの位置計測精度に頼って行われる従来のプリアライメント用装置の較正方法は採用できなくなってしまう。

【0014】このため、現在、ウエハステージの位置計測精度に頼らずに、プリアライメント用の撮像装置の撮像特性やウエハ支持アームの回転特性を較正するための新たな技術が待望されているのである。

【0015】本発明は、上記の事情のもとでなされたものであり、その第1の目的は、ウエハの位置検出装置の精度の良い較正に使用することができる較正用基準ウエハを提供することにある。

【0016】また、本発明の第2の目的は、ウエハの位置検出装置を精度良く構成することができる較正方法を提供することになる。

【0017】また、本発明の第3の目的は、ウエハの位置を精度良く検出することができる位置検出方法及び位置検出装置を提供することにある。

【0018】また、本発明の第4の目的は、所定のパターンを基板表面に精度良く転写することができる露光装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の較正用基準ウエハは、ウエハ(W)の外縁付近における3以上の撮像対象領域の撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を検出する位置検出装置の較正に使用される較正用基準ウエハ(SW)であって、前記撮像対象領域それぞれに、第1基準マーク(FSMa, FSMb, FSMc)が形成された基板から成り、前記第1基準マークそれぞれは、互いに交差する2方向それぞれに沿って、所定距離だけ離れて配列された形状特徴点を有する第1マーク(FTMa, FTMb, FTMc)と、前記形状特徴点それぞれの前記第1マーク内における位置を特定するための第2マーク(STM)とを含むことを特徴とする較正用基準ウエハである。ここで、「較正」には、位置検出装置の撮像特性等を所望の特性値に調整すること以外に、位置検出装置の特性を記憶し、その特性を考慮して撮像結果に対して諸々の処理を行って、所望の特性値の位置検出装置による位置検出結果と同一の結果を得ることも含む。なお、本明細書においては、この意味で「較正」の用語を用いる。

【0020】この較正用基準ウエハ上の第1基準マークそれぞれを対応する撮像装置によって撮像し、撮像結果それぞれにおいて、第2マークによって第1マーク内に

(5) 002-280288 (P2002-280288A)

おける位置が特定された複数の形状特徴点の位置を検出することにより、撮像装置それぞれの撮像倍率、撮像視野の回転量、及び撮像視野の中心位置等について、第1マークの描画精度に応じた較正をすることができる。

【0021】例えば、撮像視野内の第1マークにおける複数の形状特徴点間の位置関係に基づいて、撮像装置の撮像倍率を較正することができる。また、撮像視野内における第1マークにおける複数の形状特徴点の配列方向から求められる撮像視野に対する第1マークの回転量に基づいて、撮像視野の回転量を較正することができる。また、撮像視野内の第1マークにおける複数の形状特徴点の位置、撮像倍率、及び撮像視野の回転量に基づいて、ウエハの移動位置を規定する座標系における撮像視野の中心位置を較正することができる。

【0022】本発明の較正用基準ウエハでは、前記第1マークを、複数の矩形パターンが市松模様状に配列されているマークとすることができる。

【0023】また、本発明の較正用基準ウエハでは、前記第1基準マークが、前記第2マークが撮像視野外であった場合に撮像視野位置と前記基板との関係を特定するための第3マーク（TTM1，TTM2，TTM3）を更に含むことができる。

【0024】また、本発明の較正用基準ウエハでは、前記基板の表面に、前記基板の中心軸回りの回転量計測の基準となる第2基準マーク（SSMa，SSMb，SSMc，SSMd）を更に形成することができる。

【0025】本発明の較正方法は、ウエハ支持面の法線回りに回転可能な支持装置（36）によって支持されたウエハ（W）の外縁付近における3以上の撮像対象領域それぞれに応じて配置された3以上の撮像装置（40a，40b，40c）による撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を検出する位置検出装置の較正方法であって、前記支持装置によって支持された本発明の較正用基準ウエハ（SW）を、前記撮像装置によって撮像し、その撮像結果に基づいて、前記第1マーク及び前記第2マークが対応する前記撮像装置の視野領域内に入るように前記較正用基準ウエハの位置を調整する基準ウエハ位置調整工程と；前記基準ウエハ位置調整工程において位置調整された前記較正用基準ウエハに関する前記第1マーク及び前記第2マークの撮像結果に基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置の少なくとも一方を較正する較正工程と；を含む較正方法である。

【0026】これによれば、基準ウエハ位置調整工程において、支持装置によって支持された上述の本発明の較正用基準ウエハにおけるそれぞれの第1基準マークの第1マーク及び第2マークが対応する撮像装置の撮像視野に入るように、較正用基準ウエハの位置を調整する。ここで、位置調整方法としては、（a）人手による支持装置への較正用基準ウエハの置き直し、（b）支持装置の回転等による較正用基準ウエハの2次元移動などを採用

することができる。そして、較正工程において、第1マーク及び第2マークの撮像結果に基づいて、撮像装置及び支持装置の少なくとも一方を較正する。

【0027】したがって、撮像装置や支持装置の較正を精度良く行うことができる。

【0028】本発明の較正方法では、前記較正用基準ウエハには、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量の基準となる第2基準マークが更に形成されているとき、前記較正工程において、前記基準ウエハ位置調整工程で位置調整された前記較正用基準ウエハの前記第2基準マークを観察し、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を計測し、その計測結果と前記較正用基準ウエハに関する前記第1マーク及び前記第2マークの撮像結果とに基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置を較正することができる。

【0029】また、本発明の較正方法では、前記撮像装置の較正に、前記撮像装置における撮像倍率、撮像視野の回転量、及び撮像視野の中心位置の少なくとも1つの較正を含むことができる。また、本発明の較正方法では、前記支持装置の較正に、前記支持装置における回転計測量と実際の回転量との関係及び回転中心位置の少なくとも1つの較正を含むことができる。

【0030】また、本発明の較正方法では、前記基準ウエハ位置調整工程において、前記較正用基準ウエハの表面とはほぼ平行な面に沿った前記較正用基準ウエハの並進位置の調整を、前記支持装置から前記較正用基準ウエハを受け取ったステージ装置（WST、18）によって行い、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転位置の調整を、前記支持装置によって行うことができる。

【0031】ここで、前記較正工程では、前記ステージ装置と前記支持装置との間における前記較正用基準ウエハの受け渡し時に発生する可能性のある前記較正用基準ウエハの位置のずれに関する補正を行うことができる。

【0032】また、本発明の較正方法では、前記基準ウエハ位置調整工程に先立って、前記撮像対象領域それぞれに視野領域調整マークが形成され、前記支持装置によって支持された工具ウエハを前記撮像装置によって撮像し、その撮像結果に基づいて前記撮像装置の視野領域の位置を調整する視野領域位置調整工程を更に含むことができる。

【0033】本発明の位置検出方法は、ウエハ支持面の法線回りに回転可能な支持装置（36）によって支持されたウエハ（W）の外縁付近における3以上の撮像対象領域それぞれに応じて配置された3以上の撮像装置（40a，40b，40c）による撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を検出する位置検出方法であって、本発明の較正方法によって、前記撮像装置及び前記支持装置の較正を行う装置較正工程と；前記支持装置によって前記ウエハを支持するウエハ支持工程と；前記支持装置によって支持された前記ウエハを、前記撮像装置によ

(6) 002-280288 (P2002-280288A)

って撮像するウエハ撮像工程と；前記ウエハ撮像工程における撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置情報を求めるウエハ位置情報検出工程と；を含む位置検出方法である。

【0034】これによれば、装置較正工程において支持装置及び撮像装置が較正される。引き続き、ウエハ支持工程において、位置計測対象のウエハが較正された支持装置によって支持された後、ウエハ撮像工程において、当該ウエハが較正された撮像装置によって撮像される。そして、ウエハ位置情報検出工程において、較正された撮像装置による撮像結果に基づいて、ウエハの位置情報が求められる。したがって、精度良く較正された支持装置によって支持されたウエハの精度良く較正された撮像装置による撮像結果に基づいてウエハの位置情報（例えば、ウエハの中心位置）が精度良く検出される。

【0035】本発明の位置検出装置は、ウエハ（W）の外縁付近における3以上の撮像対象領域の撮像結果に基づいて、前記ウエハの位置を検出する位置検出装置であって、前記ウエハを支持し、ウエハ支持面の法線回りに回転可能な支持装置（36）と；前記支持装置によって支持された前記ウエハの外縁付近における3以上の撮像対象領域それぞれに応じて配置された3以上の撮像装置（40a, 40b, 40c）と；前記撮像装置の視野領域の位置を調整する視野領域位置調整装置と；前記支持装置によって支持された本発明の較正用基準ウエハの前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置を較正する較正装置（53, 54）と；を備える位置検出装置である。

【0036】これによれば、視野領域位置調整装置によって視野位置が調整された撮像装置を使用して、支持装置によって支持された本発明の較正用基準ウエハを撮像する。この撮像結果に基づいて、較正装置が撮像装置及び支持装置を較正する。すなわち、本発明の較正方法により、撮像装置及び支持装置が精度良く較正される。

【0037】そして、較正された支持装置によって支持された位置情報検出対象のウエハが、較正された撮像装置によって撮像され、その撮像結果に基づいて、当該ウエハの位置情報が検出される。すなわち、本発明の位置検出方法によって、ウエハの位置情報が検出される。したがって、位置情報検出対象のウエハの位置情報を精度良く検出することができる。

【0038】本発明の位置検出装置では、前記較正装置が、前記較正用基準ウエハの位置を調整する較正用基準ウエハ位置調整装置（53）と；前記較正用基準ウエハ位置調整装置によって位置調整された前記較正用基準ウエハの前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記撮像装置及び前記支持装置に関する較正量を算出する較正量算出装置（54）と；を備える構成とすることができる。

【0039】ここで、前記較正用基準ウエハに、前記較

正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を計測するための第2基準マークが更に形成されているときには、前記較正装置が、前記較正用基準ウエハの前記第2基準マークを観察し、前記較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を計測する回転量計測装置を更に備える構成とすることができる。

【0040】本発明の露光装置は、露光用ビームを基板に照射して、前記基板に所定のパターンを形成する露光装置であって、前記基板の位置情報を検出する本発明の位置検出装置と；前記位置検出装置により位置情報が検出された前記基板を搭載するステージ（WST）を有するステージ装置（WST, 18）と；を備える露光装置である。

【0041】これによれば、本発明の位置検出装置により位置が高精度で測定された基板がステージ装置のステージに搭載される。この結果、基板の位置制御を高精度で行うことができ、ひいては、パターンを精度良く基板に転写することができる。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1～図17に基づいて説明する。

【0043】図1には、一実施形態に係る基板搬送装置を含む露光装置100の構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）である。

【0044】この露光装置100は、露光光源を含む照明系12、レチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWが搭載されるステージとしてのウエハステージWST、及びこれらの制御系等を備えている。

【0045】前記照明系12は、露光光源と照明光学系（いずれも図示せず）とから構成される。照明光学系は、コリメータレンズ、フライアイレンズ又はロッド型インテグレート等のオブティカルインテグレートなどから成る照度均一化光学系、リレーレンズ、可変NDフィルタ、レチクルブラインド、リレーレンズ等を含んで構成されている。

【0046】ここで、この照明系の構成各部についてその作用とともに説明すると、露光光源で発生した照明光ILは照度均一化光学系及び照度を制御する可変NDフィルタ等により照度分布がほぼ均一で所定の照度を有する光束に変換される。照明光ILとしては、例えばKrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光等のエキシマレーザ光、F₂レーザ光（波長157nm）、Ar₂ダイマーレーザ等のダイマーレーザ、銅蒸気レーザやYAGレーザの高調波、あるいは超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（g線、i線等）が用いられる。

【0047】照度均一化光学系から射出された光束は、リレーレンズを介して、レチクルブラインドに達する。

(7) 002-280288 (P2002-280288A)

このレチクルブラインドは、レチクルRのパターン形成面及びウエハWの露光面と光学的に共役な面に配置されている。

【0048】前記レチクルブラインドは、複数枚の可動遮光板（例えば2枚のL字型の可動遮光板）を例えばモータにより開閉することにより開口部の大きさ（スリット幅等）を調整し、レチクルRを照明するスリット状の照明領域IAR（図1参照）を任意の形状及び大きさに設定できるようになっている。

【0049】ここで、照明系内の上記各駆動部、すなわち可変NDフィルタ、レチクルブラインド等は、主制御装置20からの指示に応じ照明制御装置（露光コントローラ）14によって制御される。

【0050】前記レチクルステージRSTは、レチクルベース盤13上に配置され、その上面にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明光学系の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直な平面内（XY平面内）で2次的に（X軸方向、これに直交するY軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向に）微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。このレチクルステージRSTは、レチクルRの全面が少なくとも照明光学系の光軸を横切ることができるだけのY方向の移動ストロークを有している。

【0051】レチクルステージRSTの側面には鏡面加工が施され、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16からの干渉計ビームを反射する反射面が形成されている。レチクル干渉計16では、その反射面からの戻り光と不図示のレファレンス部からの戻り光を干渉させてその干渉光の光電変換信号に基づき、レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置を、例えば0.5～1 nm程度の分解能で常時検出している。

【0052】レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御装置19及びこれを介して主制御装置20に送られ、ステージ制御装置19では主制御装置20からの指示に応じ、レチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動する。

【0053】なお、不図示のレチクルアライメント系により所定の基準位置にレチクルRが精度良く位置決めされるように、レチクルステージRSTの初期位置が決定されるため、反射面の位置をレチクル干渉計16で測定するだけでレチクルRの位置を十分高精度に制御することが可能になる。

【0054】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、不図示の保持部材を介して不図示の本体コラムに保持されている。この投影光学系PLの光軸AX（照明光学系の光軸に一致）の方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が用いられている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/4、1/5、あるいは1/6を有する縮小光学系である。

【0055】このため、照明系12からの照明光ILによってレチクルRの照明領域IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介して照明領域IAR部分のレチクルRの回路パターン（部分倒立像）が表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。

【0056】前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方に配置されたウエハベース盤17上に配置され、このウエハステージWST上には、基板保持部材としてのウエハホルダ18が載置されている。このウエハホルダ18上には直径12インチのウエハWが真空吸着されている。ウエハホルダ18は不図示の駆動部により、投影光学系PLの最良結像面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系PLの光軸AX方向（Z方向）に微動できるように構成されている。また、このウエハホルダ18はZ軸回りの回転動作も可能になっている。なお、ウエハステージWSTとウエハホルダ18とからステージ装置としてのウエハステージ装置が構成されている。

【0057】ウエハステージWSTは走査方向（Y方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域IARと共役な露光領域IAに位置させることができるように、走査方向に垂直な非走査方向（X方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を後述するようにして走査（スキャン）露光する動作と、次のショットの露光のための走査開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。

【0058】ウエハステージWSTは、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成るステージ駆動装置としてのウエハ駆動装置15によりX軸及びY軸の2次元方向に駆動される。なお、ウエハ駆動装置15は、上記の2次元リニアアクチュエータによって構成されるが、図1においては図示の便宜上からブロックにて示されている。

【0059】ウエハステージWSTは、Y方向の一方側（例えば、+Y方向）とX方向の一方側（例えば、-X方向）の側面にそれぞれ鏡面加工が施され、外部に配置されたウエハ干渉計24により、ウエハステージWSTのXY面内での位置が例えば0.5～1 nm程度の分解

(8) 002-280288 (P2002-280288A)

能で常時検出されている。

【0060】ここで、実際には、ウエハ干渉計24は走査方向に3以上の複数軸、非走査方向に3以上の複数軸設けられているが、図1ではこれらが代表的にウエハ干渉計24として示されている。そして、ウエハ干渉計24による計測結果に基づいて、ウエハステージWSTのZ方向を除く5自由度方向に関する位置情報（又は速度情報）が検出されるようになっていく。ウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）WPVは、ステージ制御装置19及びこれを介して主制御装置20に送られ、ステージ制御装置19では主制御装置20からの指示に応じて前記位置情報（又は速度情報）WPVに基づいて、ウエハ駆動装置15を介してウエハステージWSTを制御する。

【0061】さらに、本実施形態の露光装置100では、図1に示されるように、投影光学系PLの側面に、ウエハW上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡、例えば画像処理方式の結像式アライメントセンサALGが設けられている。このアライメントセンサALGの計測結果データIMD2が主制御装置20に供給されるようになっていく。

【0062】また、この露光装置100では、投影光学系PLの最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束（検出ビームFB）を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系AF₁と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する受光光学系AF₂とから成る斜入射方式の多点焦点位置検出系AFが、投影光学系PLを支える不図示の保持部材に固定されている。この多点焦点位置検出系AF（AF₁、AF₂）としては、例えば特開平5-190423号公報に開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ウエハ表面の複数点の結像面に対するZ方向の位置偏差を検出し、ウエハWと投影光学系PLとが所定の間隔を保つようにウエハホルダ18をZ方向及び傾斜方向に駆動するために用いられる。多点焦点位置検出系AFからのウエハ位置情報は、主制御装置20を介してステージ制御装置19に送られる。ステージ制御装置19はこのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ18をZ方向及び傾斜方向に駆動する。

【0063】なお、照射光学系AF₁、受光光学系AF₂は、実際には、X方向、Y方向に対して45度傾斜した方向から検出ビームFBがウエハ面に照射されるのであるが、図1では作図の便宜上投影光学系PLのX方向の両端部に照射光学系AF₁、受光光学系AF₂を配置した状態が示されている。

【0064】前記ウエハステージWST上には、アライメントセンサALGの検出中心の位置とレチクルパターンの投影像の位置との相対位置関係を計測するためのベ

ースライン計測用基準マークその他の基準マークが形成された不図示の基準プレート、レチクルパターン面に対する共役位置からのウエハ面のずれ、レチクルパターンの投影像の像質及び諸収差を計測するためのセンサが内蔵された不図示のAIS基準板、及び露光領域IA内の照度ムラを計測するための不図示の照度ムラセンサが配置されている。

【0065】また、ウエハステージWST上のウエハホルダ18は、図2（A）～（C）に総合的に示されるように、下面（ウエハステージ側面）側はX方向両端部が除去された円形状を有している。また、ウエハホルダ18の上面（ウエハ載置面）側には、上部空間と下部空間とを連通させるように、+X方向端部に切り欠き30a、30bが形成されるとともに、-X方向端部に切り欠き30cが形成されている。かかる切り欠き30a、30bの下方のウエハステージWSTの表面には+Y方向に向かってウエハステージWSTの辺縁まで延びる溝31aが形成され、また、切り欠き30cの下方のウエハステージWSTの表面には+Y方向に向かってウエハステージWSTの辺縁まで延びる溝31bが形成されている。この一組の切り欠き30a、30b、30c及び一組の溝31a、31bは、後述する搬入アームを挿入するためのものである。

【0066】図1に戻り、露光装置100は、更に、ウエハ受け渡し位置に配置されたウエハプリアライメント装置32を備えている。このウエハプリアライメント装置32は、プリアライメント制御装置34と、このプリアライメント制御装置34の下方に設けられ、ウエハ搬入アーム（以下、「搬入アーム」という）36を支持して上下動及び回転する相対駆動機構としての上下動・回転機構38と、搬入アーム36の上方に配置された計測装置としての3つのCCDカメラ40a、40b、40cとを備えている。プリアライメント制御装置34の内部には、主制御装置20による制御の下で、CCDカメラ40a、40b、40cからの画像信号を収集し、主制御装置20へ送信する画像信号処理系や上下動・回転機構38の制御系等が内蔵されている。

【0067】CCDカメラ40a、40b、40cは、搬入アーム36に支持されたウエハWの外縁をそれぞれ検出するためのものである。CCDカメラ40a、40b、40cは、ここでは、図3の斜視図に示されるように、支持装置としての搬入アーム36に支持された12インチウエハW'のノッチNを含む外縁を撮像可能な位置に配置されている。この内、中央のCCDカメラ40aがノッチを検出するためのものである。本実施形態では、搬入アーム36は、平面視でT字型の形状を有し、当該T字における3つの端点部それぞれから鉛直下方に3つの指部が延びている。そして、当該3つの指部の下方端部に、ウエハWを支持する爪部が設けられている。

【0068】また、図4の平面図に示されるように、ウ

(9) 002-280288 (P2002-280288A)

エハW' のノッチNの位置はCCDカメラ40aの位置、従ってその方向はウエハW' の中心からみて+Y方向(6時の方向)であるが、この状態から90°回転した状態、すなわちウエハW' の中心からみて-X方向(3時の方向)にノッチが来る状態でウエハW' がウエハホルダ18上に載置される場合もある。かかる場合には、例えば特開平9-36202号公報に記載されているように、3時の方向、6時の方向の両方向に対応した位置にCCDカメラを配置しても良く、あるいはCCDカメラ40a、40b、40cを用いて外形検出後にウエハブリアライメント装置32の上下動・回転機構38を用いて90°回転するようにしても良い。

【0069】更に、本実施形態の露光装置100は、図4に示されるように、ウエハホルダ18上のウエハを搬出するためのウエハ搬出アーム(以下、「搬出アーム」という)42と、前記搬入アーム36にウエハを搬入するウエハ搬送アーム44及びこれらを駆動するアーム駆動機構46とを備えている。ここで、搬出アーム42及びウエハ搬送アーム44は、アーム駆動機構46によってY軸方向に沿って所定ストロークで駆動されるようになっている。

【0070】搬出アーム42は、図4からも明らかなように、前述した搬入アーム36と全く同様に構成されている。但し、搬入アーム36が上下動・回転機構38の下端に保持されていたのに対し、搬出アーム42は、リニアモータの可動子を含む上下動・スライド機構48に保持されている点異なる。

【0071】図1に戻り、主制御装置20には、CCDカメラ40a、40b、40c及びアライメントセンサALGによる撮像結果を表示するCRTディスプレイ等の表示装置21、並びにオペレータによる動作指示等を入力するためのキーボードやマウス等の入力装置22が接続されている。

【0072】主制御装置20は、図5に示されるように、(a)レチクルRの位置情報(速度情報)RPV及びウエハWの位置情報(速度情報)WPVに基づいて、ステージ制御装置19にステージ制御データSCDを供給する等して露光装置100の動作全体を制御する制御装置59と、(b)ウエハブリアライメント装置32から供給された撮像データIMD1を収集する撮像データ収集装置51と、(c)後述する較正用基準ウエハの3箇所の外縁部のCCDカメラ40a、40b、40cによる撮像結果データに基づいて、CCDカメラ40a、40b、40cの視野領域内における較正用基準ウエハに形成された第1基準マークの位置情報を検出する基準ウエハ位置調整装置53と、(d)後述する較正用基準ウエハの3箇所の外縁部のCCDカメラ40a、40b、40cによる撮像結果データに基づいて、CCDカメラ40a、40b、40c及び搬入アーム36に関する較正情報を求める較正量算出装置54と、(e)撮像

データ収集装置51が収集した撮像データを格納する撮像データ格納装置55とを備えている。また、主制御装置20は、(f)アライメントセンサALGから供給された撮像データIMD2を収集する撮像データ収集装置56と、(g)アライメントセンサALGによる較正基準ウエハの撮像結果に基づいて、較正用基準ウエハの中心軸回りの回転量を求める基準ウエハ回転量検出装置57と、(h)撮像データ収集装置56が収集した撮像データを格納する撮像データ格納装置58とを備えている。

【0073】本実施形態では、主制御装置20を上記のように、各種の装置を組み合わせて構成したが、主制御装置20を計算機システムとして構成し、主制御装置20を構成する上記の各装置の機能を主制御装置20に内蔵されたプログラム及びメモリ領域によって実現することも可能である。

【0074】以下、本実施形態の露光装置100による露光動作を、図6に示されるフローチャートに沿って、適宜他の図面を参照しながら説明する。

【0075】まず、図6のステップ109において、ブリアライメント装置32の較正を行うか否かが判断される。ステップ109において肯定的な判定がなされた場合には、処理はサブルーチン101に移行する。ブリアライメント装置32の較正は、露光装置100の据付時やメンテナンス時等に行われるものであり、こうした場合に肯定的な判定がなされる。一方、ステップ109において否定的な判定がなされた場合には、処理はステップ102に移行する。通常のロット処理の場合には、ブリアライメント装置32の較正は行われないので、否定的な判定がなされる。以下、ステップ109における判定が肯定的であったとして、説明を行う。

【0076】次に、サブルーチン101において、ブリアライメントにおいて使用されるCCDカメラ40a、40b、40cの倍率、視野回転量、及び通常時の視野中心位置、並びに搬入アーム36の回転特性を較正する。このサブルーチン101では、図7に示されるように、サブルーチン111において、CCDカメラ40a、40b、40cの視野位置の調整を行う。

【0077】なお、前提として、CCDカメラ40a、40b、40cそれぞれの視野は、搬入アーム36に搭載されたウエハWのほぼ6時方向、7時半方向、及び4時半方向の外縁部となるように調整されているものとする。

【0078】また、CCDカメラ40a、40b、40cそれぞれの撮像結果に関するモニタ画面の座標系(以下、「モニタ座標系」又は「カメラ光学座標系」という)(XMa, YMa), (XMb, YMb), (XMc, YMc)と、ステージの移動を規定する座標系(以下、「ステージ座標系」という)(X, Y)との関係は、図8(A)~図8(C)に示される通りであるもの

(0001) 02-280288 (P2002-280288A)

とする。すなわち、図8(A)に示されるように、CCDカメラ40aに関するモニタ座標系における+XMa方向及び+YMa方向が、ステージ座標系における+X方向及び+Y方向に対応しているものとする。また、図8(B)に示されるように、CCDカメラ40bに関するモニタ座標系における+XMb方向及び+YMb方向が、ステージ座標系における+X方向及び+Y方向に対応しているものとする。また、図8(C)に示されるように、CCDカメラ40cに関するモニタ座標系における+XMc方向及び+YMc方向が、ステージ座標系における+X方向及び+Y方向に対応しているものとする。

【0079】サブルーチン111では、図9に示されるように、まず、ステップ121において、前述した従来のアライメントにおいて使用されてきた工具ウエハJWを搬入アーム36に載せる。この工具ウエハJWは、前述した従来のアライメントにおいて使用されてきたものと同様に較正されたものである。この工具ウエハJWの表面には、図10(A)に示されるように、その表面に3つの十字マークJMa, JMb, JMcが外縁部に形成されている。これらの十字マークJMa, JMb, JMcは、図10(B)において十字マークJMaについて代表的に示されるように、2つの矩形パターンSPが一点で接するように斜めに並べられている。そして、図10(A)に示されるように、十字マークJMaの中心と工具ウエハJWの中心Ojとを結ぶ線と、十字マークJMbの中心と工具ウエハJWの中心とを結ぶ線とのなす角はほぼ正確に45°であり、また、十字マークJMaの中心と工具ウエハJWの中心Ojとを結ぶ線と、十字マークJMcの中心と工具ウエハJWの中心Ojとを結ぶ線とのなす角はほぼ正確に一致している。なお、ステップ121では、搬入アーム36の回転中庸の回転位置で、十字マークJMaがほぼ6時方向となるように、工具ウエハJWが搬入アーム36に載せられる。

【0080】図9に戻り、次に、ステップ122において、主制御装置20（より詳しくは、制御装置59）がウエハアライメント装置32のアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36を回転ストローク中庸の回転位置に固定する。引き続き、ステップ123において、主制御装置20が、アライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36をZ軸方向に移動させて、工具ウエハJWの表面がCCDカメラ40a, 40b, 40cによる観察面の高さ位置とする。図11には、この状態における工具ウエハJW近傍が斜視図にて示されている。

【0081】図9に戻り、次いで、ステップ124において、主制御装置20による制御の下で、CCD40a, 40b, 40cによって工具ウエハJWを撮像す

る。この撮像結果は、撮像データIMD1として、主制御装置20に供給される。主制御装置20では、撮像データ収集装置51が撮像データIMD1を受信し、撮像データ格納領域55に格納する。そして、制御装置59が撮像データ格納領域55に格納された撮像データを読み出し、表示装置21に撮像結果をモニタ表示する。

【0082】以上のようにして表示されたモニタ画面への表示結果から、CCD40a, 40b, 40cそれぞれの撮像視野内のどこに十字マークJMa, JMb, JMcがあるかを特定する。十字マークJMa, JMb, JMcの像のいずれかがモニタ画面の中央から許容範囲を超えてずれていたときには、その位置ずれの方向及び大きさに基づいて、十字マークJMa, JMb, JMcそれぞれが許容範囲内においてCCD40a, 40b, 40cそれぞれの撮像視野の中心、すなわち、それぞれのモニタ画面の中心付近になるように、工具ウエハJWを移動させる。かかる工具ウエハJWの移動は人手によって行うことも可能であるし、また、工具ウエハJWを中心軸回りの回転移動であれば、入力装置22から入力された回転量指示に応じ、主制御装置20が、アライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御することによっても行うことも可能である。

【0083】こうして、CCD40a, 40b, 40cそれぞれの撮像視野中心付近に十字マークJMa, JMb, JMcが位置するように、工具ウエハJWの位置（中心軸回りの回転位置を含む）が調整される。

【0084】次いで、ステップ125において、CCDカメラ40a, 40b, 40cそれぞれの撮像視野中心が、十字マークJMa, JMb, JMcの中心位置に一致するように、CCDカメラ40a, 40b, 40cの光学系を調整する。こうして、CCDカメラ40a, 40b, 40cそれぞれの視野が、搬入アーム36に支持されるウエハ（ここでは、工具ウエハJW）のほぼ6時方向、7時半方向、及び4時半方向となるとともに、視野領域同士の位置関係が十字マークJMa, JMb, JMc同士の位置関係に基づいて正確に調整される。

【0085】以上のようにして、CCDカメラ40a, 40b, 40cそれぞれの視野位置の調整が終了すると、サブルーチン111の処理を終了し、図7のサブルーチン112に処理が移行する。

【0086】サブルーチン112では、図12に示されるように、まず、ステップ131において、ウエハホルダ18に較正用基準ウエハとしての基準ウエハSWを載せる。この基準ウエハSWは円形のガラス基板の表面にクロム蒸着により、図13に示されるように、第1基準マークFSMa, FSMb, FSMc、及び第2基準マークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdが形成されている。

【0087】第1基準マークFSMa, FSMb, FSMcは、図14に示される基本マークFSMの◆で示さ

(1) 02-280288 (P2002-280288A)

れるマーク中心位置が、ウェハ座標系 (X_w , Y_w) において、基準ウェハSWの6時方向、7時半方向、4時半方向の外縁部に位置するように基準ウェハSW表面に描画して形成されている。基本マークFSMは、図14に示されるように、矩形的蒸着部CPが市松模様状に並べられた結果、矩形的蒸着部CPと矩形的非蒸着部CSとが2次元的に交互に並べられた第1基本マークFTMを有している。この第1基本マークFTMでは、中央部（すなわち、周囲部以外）の蒸着部CP及び非蒸着部CSが、一辺の長さLX（例えば、2.5mm）であり、この一辺に直交する辺の長さLY（例えば、1mm）である矩形となっている。そして、中央部の1つの蒸着部CPと、その斜め隣の蒸着部CPとの接点を通り紙面縦（及び横）方向に延びる同一直線上に、その接点から紙面縦（及び横）方向に延びる中央部の1つの蒸着部CPの辺及びその斜め隣の蒸着部CPの辺が乗っている。すなわち、蒸着部CPと非蒸着部CSとの境界は、第1基本マークFTMの領域全体にわたって格子を形成している。この結果、当該格子の交点、すなわち中央部の1つの蒸着部CPと、その斜め隣の蒸着部CPとの接点は、撮像結果の画像における蒸着部CPと非蒸着部CSとの境界検出により、精度良く2次元位置を検出可能な形状特徴点となっている。なお、以下の説明においては、中央部の1つの蒸着部CPと、その斜め隣の蒸着部CPとの接点を「格子点」と呼ぶものとする。

【0088】また、基本マークFSMは、第1基本マークFTMの領域内に形成された2つの第1小円パターンSTM1及び2つの第2小円パターンSTM2を有している。なお、以下の説明において、第1小円パターンSTM1及び2つの第2小円パターンSTM2を総称するときには、「第2基本マークSTM」と呼ぶものとする。さらに、基本マークFSMは、第1基本マークFTMの領域外に形成された2つの第1大円パターンTTM1、2つの第2大円パターンTTM2、及び2つの第3大円パターンTTM3を有している。なお、以下の説明において、2つの第1大円パターンTTM1、2つの第2大円パターンTTM2、及び2つの第3大円パターンTTM3を総称するときには、「第3基本マークTTM」と呼ぶものとする。

【0089】以上の第1基本マークFTM、第2基本マークSTM、及び第3基本マークTTMからなる基本マークFSMは、その中心（◆）について180°回転対称となっている。そして、第1基本マークFTMの形成領域の大きさは、CCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野の大きさとほぼ一致するようになっている。

【0090】なお、図14においては、他図において基本マークの方向を特定するための記号★、☆を記しているが、これらの記号★、☆は基本マークFSMを構成するものではない。

【0091】図13に戻り、基準ウェハSWの表面に

は、上記の基本マークFSMが、その中心位置（◆）が基準ウェハSWの6時方向、7時半方向、4時半方向の外縁部に位置し、かつ、上述の記号★、☆で特定される方向で描画されている。この結果、基準ウェハSWの表面に実際に形成された第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcは、基本マークFSMの中心を含む半分強の領域を含むマークとなっている。また、基本マークFSMの中心位置（◆）が形成された第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcそれぞれの位置（以下、「第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcの中心位置」という）の位置関係は、上述の工具ウェハJWにおける十字マークJMa、JMb、JMcの中心位置の位置関係とほぼ同様の位置関係とされている。

【0092】かかる基本マークFSMの約半分の領域が描画されて形成されている第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcは、図15(A)～図15(C)に示される形状を有している。これらの図15(A)～図15(C)に示されるように、第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcそれぞれは、第1基本マークFTMのほぼ半分（以下、「第1マークFTMa、FTMb、FTMc」という）、第2基本マークSTMにおける1つの第1小円パターンSTM1及び1つの第2小円パターンSTM2からなる第2マークSTMa、STMb、STMc、及び第3基本マークTTMにおける1つの第1大円パターンTTM1、1つの第2大円パターンTTM2、及び1つの第3大円パターンTTM3から成る第3マークTTMa、TTMb、TTMcを有している。

【0093】ここで、CCDカメラ40a、40b、40cによる撮像画像において第2マークSTMa、STMb、STMcを検出することができれば、撮像画像中の1つの蒸着部CPとその斜め隣の蒸着部CPとの接点が第1マークFTMa、FTMb、FTMc内においてどのような位置にある位置検出点であるかをユニークに特定できる。なお、以下では、第2マークSTMa、STMb、STMcを「ユニークマークSTMa、STMb、STMc」と呼ぶものとする。

【0094】また、CCDカメラ40a、40b、40cによる撮像視野の中心と第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcの中心とがずれて、撮像画像においてユニークマークSTMa、STMb、STMcが検出できなかった場合において、ある程度のずれ量までであれば、第3マークTTMa、TTMb、TTMcを構成する大円パターンTTM1、TTM2、TTM3の少なくとも1つを検出することができる。かかる場合には、検出された大円パターンTTM1、TTM2、TTM3の少なくとも1つの撮像画像中の位置に基づいて、CCDカメラ40a、40b、40cによる撮像視野の中心と第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcの中心とのずれに対する補正量を求め、その補正量だけ基準ウェハSWの位置（中心軸回りの回転位置を含む）を補正を

(2) 102-280288 (P 2002-280288A)

すれば、ユニークマークSTMa, STMb, STMcを撮像画像中に入れることができる程度の精度で求めることができる。なお、以下では、第3マークTTMa, TTMB, TTMcにおける大円パターンTTM1, TTM2, TTM3それぞれを「大ずれマークTTM1, TTM2, TTM3」と呼ぶものとする。

【0095】図13に戻り、第2基準マークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdそれぞれは、基準ウエハSWの表面において、X_u軸又はY_u軸に平行な四辺を有する矩形の頂点位置に形成されている。また、第2基準マークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdは、2次元ラインアンドスペースマーク等の様な、その2次元位置を精度良く検出することが可能な2次元マークである。

【0096】図12に戻り、次に、ステップ132において、主制御装置20がウエハアライメント装置32のアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36を回転中庸の回転位置に固定する。引き続き、ステップ133において、搬入アーム36によるウエハホルダ18へのウエハロード位置の設計位置（以下、「設計ロード位置」という）に基準ウエハSWを移動させる。かかる基準ウエハSWの移動は、主制御装置20が、ウエハ干渉計24からのウエハステージWST（ひいては、ウエハW）の位置情報（又は速度情報）WPVに基づきウエハ駆動装置15を介して、ウエハステージWSTを駆動制御することにより行われる。

【0097】次いで、ステップ134において、主制御装置20が、アライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36により基準ウエハSWを、ウエハホルダ18からすくい上げる。引き続き、ステップ135において、主制御装置20が、アライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36をZ軸方向に移動させて、基準ウエハSWの表面がCCDカメラ40a, 40b, 40cによる観察面の高さ位置とする。図16には、この状態における工具ウエハJW近傍が斜視図にて示されている。

【0098】図12に戻り、次に、ステップ136において、主制御装置20による制御の下で、CCDカメラ40a, 40b, 40cによって、基準ウエハSWが撮像される。この撮像結果は、撮像データIMD1として、主制御装置20に供給される。主制御装置20では、撮像データ収集装置51が撮像データIMD1を受信し、撮像データ格納領域55に格納する。引き続き、ステップ137において、基準ウエハ位置調整装置53が、撮像データ格納領域55から撮像データを読み出して、CCDカメラ40a, 40b, 40cの撮像画像においてユニークマークSTMa, STMb, STMcのいずれかが検出できたか否かを判断する。ここで、肯定

的な判断がなされると、処理はステップ144に移行する。一方、否定的な判断がなされると、処理はステップ138に移行する。この段階では否定的な判断がなされたとして、以下の説明を行う。

【0099】ステップ138では、基準ウエハ位置調整装置53が、CCDカメラ40a, 40b, 40cのいずれかの撮像画像において、大ずれマークTTM1, TTM2, TTM3のいずれかが検出できたか否かを判断する。ここで、肯定的な判断がなされると、処理がステップ139に移行する。一方、否定的な判断がなされると、基準ウエハ位置調整装置53がその旨を制御装置59に通知し、その後、処理がステップ142に移行する。この段階では否定的な判断がなされたとして、以下の説明を行う。

【0100】ステップ142において、主制御装置20は、アライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36により基準ウエハSWを、ウエハホルダ18に載せる。そして、搬入アーム36を上方へ退避させる。引き続き、主制御装置20は、ウエハ干渉計24からのウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）WPVに基づきウエハ駆動装置15を介して、ウエハステージWSTを駆動制御し、基準ウエハSWを搬入アーム36の直下から退避させる。

【0101】次に、ステップ143において、ウエハホルダ18上の基準ウエハSWを置き直す。そして、処理がステップ132に移行する。

【0102】以後、上記と同様にして、主制御装置20の制御のもとで、搬入アーム36が回転中庸の回転位置に固定され（ステップ132）、基準ウエハSWが設計ロード位置に移動される（ステップ133）。引き続き、基準ウエハSWが搬入アーム36によりすくいあげられ（ステップ134）、その表面がCCDカメラ40a, 40b, 40cの観察面に設定され（ステップ135）、CCDカメラ40a, 40b, 40cによって基準ウエハSWが撮像される（ステップ136）。

【0103】次いで、ステップ137において、CCDカメラ40a, 40b, 40cの撮像画像においてユニークマークSTMa, STMb, STMcのいずれかが検出できたか否かが判断される。この段階でも、前回と同様に否定的な判断がなされ、処理がステップ138に移行するとして、以下の説明を行う。

【0104】ステップ138において、CCDカメラ40a, 40b, 40cのいずれかの撮像画像において、大ずれマークTTM1, TTM2, TTM3のいずれかが検出できたか否かを判断する。この段階では、前回とは異なり肯定的な判断がなされ、処理がステップ139に移行するとして、以下の説明を行う。

【0105】ステップ139では、基準ウエハ位置調整装置53が、CCDカメラ40a, 40b, 40cの撮像画像に基づいて、検出された大ずれマークTTM1,

(図 3)) 02-280288 (P 2002-280288A)

TTM2、TTM3の検出された撮像視野における位置を求める。引き続き、ステップ140において、基準ウエハ位置調整装置53が、求められた大ずれマークTTM1、TTM2、TTM3の位置に基づいて、基準ウエハSWに関する調整目標位置からの基準ウエハSWの位置のステージ座標系におけるX方向、Y方向、及び θ （Z軸と平行な基準ウエハSWの中心軸回り）方向のずれを、大ずれマークTTM1、TTM2、TTM3の位置の検出精度に応じた精度で算出し、制御装置59に通知する。以下、かかる位置ずれの算出結果を $(\Delta X_R, \Delta Y_R, \theta_R)$ と記すものとする。

【0106】次に、ステップ141において、算出された位置ずれ $(\Delta X_R, \Delta Y_R, \theta_R)$ を補正することにより、基準ウエハSWの位置の粗調整を行う。かかる粗調整にあたり、まず、制御装置59がアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36により基準ウエハSWを、ウエハホルダ18に載せる。そして、搬入アーム36を上方へ退避させる。引き続き、制御装置59が、ウエハ干渉計24からの位置情報（又は速度情報）WPVに基づきウエハ駆動装置15を介してウエハステージWSTを駆動制御し、基準ウエハSWをX軸方向に $-\Delta X_R$ 及びY軸方向に $-\Delta Y_R$ だけ移動させる。次いで、制御装置59がアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36により基準ウエハSWを、ウエハホルダ18からすくい上げる。そして、制御装置59がアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御して搬入アーム36を $-\theta_R$ だけ回転させる。こうして、基準ウエハSWの位置ずれ $(\Delta X_R, \Delta Y_R, \theta_R)$ が補正される。

【0107】次いで、ステップ136において、主制御装置20による制御の下で、CCDカメラ40a、40b、40cによって基準ウエハSWが撮像され、その撮像結果が撮像データ格納領域55に格納される。引き続き、基準ウエハ位置調整装置53が、撮像データ格納領域55から撮像データを読み出して、CCDカメラ40a、40b、40cの撮像画像においてユニークマークSTMa、STMb、STMcのいずれかが検出できたか否かを判断する。この段階では肯定的な判断がなされ、処理がステップ144に移行するとして、以下の説明を行う。

【0108】ステップ144においては、基準ウエハ位置調整装置53が、撮像視野内におけるユニークマークSTMa、STMb、STMcの位置を求める。そして、求められたユニークマークSTMa、STMb、STMcの位置に基づいて、基準ウエハSWに関する調整目標位置からの基準ウエハSWの位置のステージ座標系におけるX方向、Y方向、及び θ （Z軸と平行な基準ウエハSWの中心軸回り）方向のずれを算出し、制御装置59に通知する。以下、かかる位置ずれの算出結果を

$(\Delta X_F, \Delta Y_F, \theta_F)$ と記すものとする。

【0109】次に、ステップ145において、制御装置59は、算出された位置ずれ $(\Delta X_F, \Delta Y_F, \theta_F)$ が許容範囲の値であるか否かによって、基準ウエハSWの位置が適当であるか否かを判断する。ここで、肯定的な判断がなされると、サブルーチン112の処理を終了し、リターンする。一方、否定的な判断がなされると、処理はステップ146に移行する。この段階では否定的な判断がなされたとして、以下の説明を行う。

【0110】ステップ146においては、制御装置59が、上述の位置ずれ $(\Delta X_R, \Delta Y_R, \theta_R)$ の場合と同様に、上下動・回転機構38及びウエハ駆動装置15を制御して、位置ずれ $(\Delta X_F, \Delta Y_F, \theta_F)$ を補正をすることにより、基準ウエハSWの位置を微調整する。そして、処理がステップ136に移行する。

【0111】以後、ステップ145において肯定的な判断がなされるまで、ステップ136、ステップ137、ステップ144、ステップ145、及びステップ146の処理ループが実行される。そして、基準ウエハSWが所定の公差でCCDカメラ40a、40b、40cによる第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcの撮像にとって適当な位置に調整され、ステップ145において肯定的な判断がなされると、そのときの基準ウエハSWのステージ座標系(X, Y)における位置が、ステージ座標系(X, Y)における実際のロード位置 (X_{L0}, Y_{L0}) として認識される。そして、サブルーチン112の処理を終了し、処理が図7のステップ113に移行する。

【0112】ステップ113においては、制御装置59による制御のもとで、ステージ座標系(X, Y)における基準ウエハSWの回転量、すなわちステージ座標系(X, Y)に対するウエハ座標系 (X_w, Y_w) の回転量が計測される。かかる計測にあたっては、まず、制御装置59が、アライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36により基準ウエハSWを、ウエハホルダ18に載せる。そして、搬入アーム36を上方へ退避させる。引き続き、制御装置59は、ウエハ干渉計24からの位置情報（又は速度情報）WPVに基づきウエハ駆動装置15を介して、ウエハステージWSTを駆動制御し、基準ウエハSW上の第2基準マークSSMa、SSMb、SSMc、SSMdを順次アライメントセンサALGの下方となるように基準ウエハSWを移動させ、アライメントセンサALGにより第2基準マークSSMa、SSMb、SSMc、SSMdを撮像する。この撮像結果は、撮像データIMD2として、主制御装置20に供給される。主制御装置20では、撮像データ収集装置56が撮像データIMD2を受信し、撮像データ格納領域58に格納する。

【0113】次に、基準ウエハ回転量検出装置57が、撮像データ格納領域58を読み出し、アライメントセン

(4) 02-280288 (P2002-280288A)

サALGの撮像視野における第2基準マークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdの2次元位置を検出し、検出結果を制御装置59へ通知する。引き続き、制御装置59は、当該検出結果と第2基準マークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdの撮像における位置情報WPVとから、第2基準マークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdのステージ座標系におけるXY位置を求める。そして、制御装置59は、このマークSSMa, SSMb, SSMc, SSMdの位置に基づいて、ステージ座標系(X, Y)における基準ウエハSWの回転量を算出する。なお、こうして算出された回転量を α と表すものとする。制御装置59は、この回転量 α を較正量算出装置54へ通知する。

【0114】次いで、制御装置59は、ウエハ干渉計24からの位置情報(又は速度情報)WPVに基づきウエハ駆動装置15を介して、ウエハステージWSTを駆動制御し、基準ウエハSWをロードポイント位置(X_{L0} , Y_{L0})に移動させる。引き続き、制御装置59は、制御装置59がブリアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36により基準ウエハSWを、ウエハホルダ18からすくい上げた後、基準ウエハSWの表面をCCDカメラ40a, 40b, 40cによる観察面に設定する。

【0115】次に、ステップ114において、CCDカメラ40a, 40b, 40cそれぞれのX軸方向の倍率及びY軸方向の倍率を較正する。かかる倍率の較正では、まず、主制御装置20による制御の下で、CCDカメラ40a, 40b, 40cによって基準ウエハSWが撮像され、その撮像データIMD1が撮像データ格納領域55に格納される。かかるCCDカメラ40a, 40b, 40cによる撮像結果が、図17(A)~図17(C)に示されている。すなわち、図17(A)にはCCDカメラ40aによる撮像結果がモニタ座標系(X_{Ma} , Y_{Ma})にて示され、図17(B)にはCCDカメラ40bによる撮像結果がモニタ座標系(X_{Mb} , Y_{Mb})にて示され、図17(C)にはCCDカメラ40cによる撮像結果がモニタ座標系(X_{Mc} , Y_{Mc})にて示されている。

【0116】引き続き、較正量算出装置54は、撮像データ格納領域55から撮像データを読み出し、図17(A)において「○」で示される4つの格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aのモニタ座標系(X_{Ma} , Y_{Ma})における位置(X_{mma} , Y_{mma}), (X_{pma} , Y_{pma}), (X_{mpa} , Y_{mpa}), (X_{ppa} , Y_{ppa})を検出する。ここで、格子点Pmm_aと格子点Ppm_aとはX_{M_a}軸方向に沿って隔てられた関係にあり、また、格子点Pmp_aと格子点Ppp_aとはX_{M_a}軸方向に沿って隔てられた関係にある。また、格子点Pmm_aと格子点Pmp_aとはY_{M_a}軸方向に沿って隔てられた関係にあり、また、格子点Ppm_aと格子点Ppp_aと

はY_{M_a}軸方向に沿って隔てられた関係にある。

【0117】以上のような格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置検出にあたっては、まず、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aそれぞれの設計位置を中心として1つの格子点しか入り得ない大きさの観察窓を設定し、その観察窓内における画像データに基づいて、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置を求める。次に、こうして求められた格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置を中心として十分に大きな観察窓を設定し、その観察窓内における画像データに基づいて、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置を求め直す。そして、この求め直された格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置を上述の位置(X_{mma} , Y_{mma}), (X_{pma} , Y_{pma}), (X_{mpa} , Y_{mpa}), (X_{ppa} , Y_{ppa})として採用する。これにより、蒸着部CPと非蒸着部SPとの境界部の検出による格子点位置の検出に関する、前段階の小さな観察窓の場合における画像処理精度の悪化を克服して、精度良く格子点の位置を検出することができる。

【0118】なお、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置検出にあたっては、まず、ユニークマークを検出し、その結果STMaから、検出対象の格子点の位置を算出し、引き続き、算出された格子点位置を中心として十分に大きな観察窓を設定し、その観察窓内における画像データに基づいて、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置(X_{mma} , Y_{mma}), (X_{pma} , Y_{pma}), (X_{mpa} , Y_{mpa}), (X_{ppa} , Y_{ppa})を求め直すこともできる。かかる場合にも、精度良く格子点の位置を検出することができる。

【0119】また、CCDカメラ40aの全視野に関する蒸着部CPと非蒸着部SPとの境界部とから成る格子を検出し、互いに所定の関係にある格子点の位置関係に基づいて、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置(X_{mma} , Y_{mma}), (X_{pma} , Y_{pma}), (X_{mpa} , Y_{mpa}), (X_{ppa} , Y_{ppa})を求めることもできる。かかる場合には、格子の検出に時間を要するが、全格子点の位置関係を解析するため、マーク位置ずれ・誤検出防止に効果があり、精度良く検出対象の格子点の位置を求めることができる。

【0120】次に、較正量算出装置54は、格子点Pmm_a, Ppm_a, Pmp_a, Ppp_aの位置(X_{mma} , Y_{mma}), (X_{pma} , Y_{pma}), (X_{mpa} , Y_{mpa}), (X_{ppa} , Y_{ppa})及び上述の基準ウエハSWの回転量 α に基づき、CCDカメラ40aのX軸方向の倍率MX_a及びY軸方向の倍率MY_a(単位: [pixel/mm])を、 β をパラメータとして、次の(1)式及び(2)式によって算出する。

【0121】

(5) 02-280288 (P2002-280288A)

$$MX_a = \{ (Xp_{pa} - Xmp_a) / (2 \cdot LX \cdot \cos(\alpha + \beta)) \\ + (Xpm_a - Xmm_a) / (2 \cdot LX \cdot \cos(\alpha + \beta)) \} / 2 \quad \dots (1)$$

【0122】

$$MY_a = \{ (Yp_{pa} - Ypm_a) / (LY \cdot \cos(\alpha + \beta)) \\ + (Ymp_a - Ymm_a) / (LY \cdot \cos(\alpha + \beta)) \} / 2 \quad \dots (2)$$

【0123】ここで、パラメータ β は、基準ウエハSWをウエハホルダ18から搬入アーム36に乗せる際に発生する可能性がある回転ずれ量である。なお、パラメータ β の決定方法については後述する。

【0124】次に、較正量算出装置54は、上記の格子点 Pmm_a 、 Ppm_a 、 Pmp_a 、 Ppp_a の位置 (Xmm_a, Ymm_a) 、 (Xpm_a, Ypm_a) 、 (Xmp_a, Ymp_a) 、 (Xpp_a, Ypp_a) の場合と同様にして、撮像データ格納領域55からの撮像データに基づき、図17(B)において「○」で示される3つの格子点 Pcp_b 、 Ppm_b 、 Ppp_b のモニタ座標系 (XM_b, YM_b) における位置 (Xcp_b, Ycp_b) 、 (Xpm_b, Ypm_b) 、 (Xpp_b, Ypp_b) を検出する。ここ

$$MX_b = (Xpp_b - Xcp_b) / (LX \cdot \cos(\alpha + \beta)) \quad \dots (3)$$

$$MY_b = (Ypp_b - Ypm_b) / (2 \cdot LY \cdot \cos(\alpha + \beta)) \quad \dots (4)$$

【0127】引き続き、較正量算出装置54は、上記の格子点 Pmm_a 、 Ppm_a 、 Pmp_a 、 Ppp_a の位置 (Xmm_a, Ymm_a) 、 (Xpm_a, Ypm_a) 、 (Xmp_a, Ymp_a) 、 (Xpp_a, Ypp_a) の場合と同様にして、撮像データ格納領域55から撮像データに基づき、図17(C)において「○」で示される3つの格子点 Pmm_c 、 Pmp_c 、 Pcp_c のモニタ座標系 (XM_c, YM_c) における位置 (Xmm_c, Ymm_c) 、 (Xmp_c, Ymp_c) 、 (Xcp_c, Ycp_c) を検出する。ここで、格子点 Pmp_c と格子点 Pcp_c とは XM_c 軸に沿って隔てられた関係にある。また、格子点 Pmm_c と格

$$MX_c = (Xcp_c - Xmp_c) / (LX \cdot \cos(\alpha + \beta)) \quad \dots (5)$$

$$MY_c = (Ymp_c - Ymm_c) / (2 \cdot LY \cdot \cos(\alpha + \beta)) \quad \dots (6)$$

【0130】次に、ステップ115において、CCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野の回転量を較正する。この回転量の較正では、ロードポイント位置を原点とし、X軸と平行な X_L 軸と、Y軸と平行な Y_L 軸とで定義されるロードポイント座標系（以下、「LP座標系」という） (X_L, Y_L) に対するCCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野の回転量を較正する。かかる撮像視野の回転量の較正では、ステップ114において検出されたCCDカメラ40a、40b、40cの撮像画像それぞれの格子点の位置に基づいて、 X_i ($i = a, b, c$) 軸に平行な同一直線上の2つの格子点に

$$\theta_a = \{ - ((Yp_{pa} - Ymp_a) + (Ypm_a - Ymm_a)) \\ / (2 \cdot 2 \cdot LX \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot MX_a) \\ + ((Xpp_a - Xpm_a) + (Xmp_a - Xmm_a)) \\ / (2 \cdot LY \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot MY_a) \} / 2$$

で、格子点 Pcp_b と格子点 Ppp_b とは XM_b 軸に沿って隔てられた位置関係にある。また、格子点 Ppm_b と格子点 Ppp_b とは YM_b 軸に沿って隔てられた位置関係にある。

【0125】そして、較正量算出装置54は、格子点位置 (Xcp_b, Ycp_b) 、 (Xpm_b, Ypm_b) 、 (Xpp_b, Ypp_b) 及び上述の基準ウエハSWの回転量 α に基づき、CCDカメラ40bのX軸方向の倍率 MX_b 及びY軸方向の倍率 MY_b （単位：[pixel/mm]）を、 β をパラメータとして、次の(3)式及び(4)式によって算出する。

【0126】

子点 Pmp_c とは YM_c 軸に沿って隔てられた関係にある。

【0128】そして、較正量算出装置54は、格子点位置 (Xmm_c, Ymm_c) 、 (Xmp_c, Ymp_c) 、 (Xcp_c, Ycp_c) 及び上述の基準ウエハSWの回転量 α に基づき、CCDカメラ40cのX軸方向の倍率 MX_c 及びY軸方向の倍率 MY_c （単位：[pixel/mm]）を、 β をパラメータとして、次の(5)式及び(6)式によって算出する。

【0129】

関する Y_i 座標値の差に応じて求められる X_L 方向基準の回転量と、 Y_i 軸に平行な同一直線上の2つの格子点に関する X_i 座標値の差に応じて求められる Y_L 方向基準の回転量との平均値を求める。

【0131】すなわち、CCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野の回転量 θ_a 、 θ_b 、 θ_c （単位：[rad]）を、回転量 θ_a 、 θ_b 、 θ_c が十分に小さく、 $\tan \theta = \theta$ が精度良く成り立つ範囲にあるとして、次の(7)～(9)式によって算出する。

【0132】

(6) 02-280288 (P2002-280288A)

$$+ (\alpha + \beta) \quad \dots (7)$$

【0133】

$$\begin{aligned} \theta_b = & \{ -(Y_{ppb} - Y_{cpb}) / (LX \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot MX_b) \\ & + (X_{ppb} - X_{pmb}) / (2 \cdot LY \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot MY_b) \} / 2 \\ & + (\alpha + \beta) \quad \dots (8) \end{aligned}$$

【0134】

$$\begin{aligned} \theta_c = & \{ (Y_{cpc} - Y_{mpc}) / (LX \cdot (\cos \alpha + \beta) \cdot MX_c) \\ & - (X_{mpc} - X_{mmc}) / (2 \cdot LY \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot MY_c) \} / 2 \\ & - (\alpha + \beta) \quad \dots (9) \end{aligned}$$

【0135】引き続き、ステップ116において、較正量算出装置54が、CCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野の中心位置を較正する。かかる中心位置の較正は、以下のようにして、CCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野の中心位置を求めることにより行われる。

【0136】撮像視野の中心位置の検出では、まず、C

$$X_{si} = X_{sio} \cdot \cos(\alpha + \beta) - Y_{sio} \cdot \sin(\alpha + \beta) + D_x \quad \dots (10)$$

$$Y_{si} = X_{sio} \cdot \sin(\alpha + \beta) + Y_{sio} \cdot \cos(\alpha + \beta) + D_y \quad \dots (11)$$

によって求める。なお、ずれ量 D_x 、 D_y の決定については後述する。

【0137】次に、CCDカメラ40iの撮像視野内における第1マークFTMiの中心位置(X'_{oi} 、

$$\begin{aligned} X'_{0a} = & (X_{pma} + X_{mma}) / 2 \\ & - LY \cdot MX_i \cdot \sin(\theta_a - (\alpha + \beta)) \quad \dots (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y'_{0a} = & (Y_{pma} + Y_{mma}) / 2 \\ & - LY \cdot MY_i \cdot \cos(\theta_a - (\alpha + \beta)) \quad \dots (13) \end{aligned}$$

【0139】[7時半方向のCCDカメラ40bの場合]

$$X'_{0b} = X_{cpb} - 2 \cdot LY \cdot MX_i \cdot \sin(\theta_b - (\alpha + \beta)) \quad \dots (14)$$

$$Y'_{0b} = Y_{cpb} - 2 \cdot LY \cdot MY_i \cdot \cos(\theta_b - (\alpha + \beta)) \quad \dots (15)$$

【0140】[4時半方向のCCDカメラ40cの場合]

$$X'_{0c} = X_{cpc} + 2 \cdot LY \cdot MX_i \cdot \sin(\theta_c + (\alpha + \beta)) \quad \dots (16)$$

$$Y'_{0c} = Y_{cpc} - 2 \cdot LY \cdot MY_i \cdot \cos(\theta_c + (\alpha + \beta)) \quad \dots (17)$$

【0141】引き続き、求められた第1マークFTMiの中心位置(X'_{oi} 、 Y'_{oi})をCCDカメラ40iの倍率 MX_i 及び回転量 θ_i を補正し、LP座標系の値に変換する。そして、変換された値により、上記のLP座標系における第1マークの予想中心位置(X_{si} 、 Y_{si})を補正することにより、CCDカメラ40iの視野中心位置(X_{ci} 、 Y_{ci})を求める。すなわち、視野中心位置(X_{ci} 、 Y_{ci})($i=a, b, c$)を、次の(18)～(23)式により算出する。

【0142】[6時方向のCCDカメラ40aの場合]

$$\begin{aligned} X_{ca} = & X_{ia} - X'_{0a} \cdot \cos \theta_a / MX_a \\ & + Y'_{0a} \cdot \sin \theta_a / MY_a \quad \dots (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{ca} = & Y_{ia} - X'_{0a} \cdot \sin \theta_a / MX_a \\ & - Y'_{0a} \cdot \cos \theta_a / MY_a \quad \dots (19) \end{aligned}$$

【0143】[7時半方向のCCDカメラ40bの場合]

CDカメラ40i($i=a, b, c$)の撮像視野内における第1マークFTMiの中心位置のLP座標系における設計値(X_{sio} 、 Y_{sio})とし、基準ウエハSWをウエハホルダ18から搬入アーム36に乗せる際の X_L 方向及び Y_L 方向のずれ量を D_x 及び D_y として、第1マークFTMiのLP座標系における予想中心位置(X_{si} 、 Y_{si})を、

Y'_{oi} (単位:[pixel])を、次の(12)～(17)式により算出する。

【0138】[6時方向のCCDカメラ40aの場合]

$$\begin{aligned} X_{ca} = & X_{ia} + X'_{0a} \cdot \sin \theta_a / MX_a \\ & + Y'_{0a} \cdot \cos \theta_a / MY_a \quad \dots (20) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{ca} = & Y_{ia} - X'_{0a} \cdot \cos \theta_a / MX_a \\ & + Y'_{0a} \cdot \sin \theta_a / MY_a \quad \dots (21) \end{aligned}$$

【0144】[4時半方向のCCDカメラ40cの場合]

$$\begin{aligned} X_{cc} = & X_{ic} + X'_{0c} \cdot \sin \theta_c / MX_c \\ & + Y'_{0c} \cdot \cos \theta_c / MY_c \quad \dots (22) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{cc} = & Y_{ic} + X'_{0c} \cdot \cos \theta_c / MX_c \\ & - Y'_{0c} \cdot \sin \theta_c / MY_c \quad \dots (23) \end{aligned}$$

【0145】次いで、ステップ117において、較正量算出装置54は、搬入アーム36の回転レート及びLP座標系における回転中心位置の較正を行う。かかる搬入アーム36に関する較正は、搬入アーム36の回転レート及びLP座標系における回転中心位置を以下のようにして検出することによって行われる。

【0146】まず、回転中庸の位置(ロータリエンコーダのカウンタ値が「0」)を回転角 0° として、 0° 及

(註 7) 02-280288 (P 2002-280288A)

び正の回転方向に2箇所、負の回転方向に2箇所の計5箇所において、そのときのロータリエンコーダのカウンタ値、及びそのときの第1マークFTM_iのモニタ座標系における中心位置を検出する。なお、以下の説明においては、5箇所の搬入アーム36の回転位置をj (j = -2, -1, 0, 1, 2) で表すとともに、ロータリエンコーダのカウンタ値をN_jで表し、第1マークFTM_iのモニタ座標系における中心位置を(X R_{ij}, Y

R_{ij}) と表すものとする。

【0147】このとき中心位置(X R_{ij}, Y R_{ij}) (単位: [pixel]) は、各回転位置における図17 (A) ~ 図17 (C) に示される格子点の位置の検出結果に基づいて、次の(24) ~ (32) 式によって求められる。なお、(24) ~ (32) 式におけるψ_i (i = a, b, c) の単位は[rad]である。

【0148】[6時方向のCCDカメラ40aの場合]

$$X R_{aj} = X c p_a - 2 \cdot L Y \cdot M X_a \cdot \sin(\psi_a - (\alpha + \beta)) \quad \cdots (24)$$

$$Y R_{aj} = Y c p_a - 2 \cdot L Y \cdot M Y_a \cdot \cos(\psi_a - (\alpha + \beta)) \quad \cdots (25)$$

$$\begin{aligned} \psi_a = \{ & - ((Y p p_a - Y m p_a) + (Y p m_a - Y m m_a)) \\ & / ((X p p_a - X m p_a) + (X p m_a - X m m_a)) \\ & + ((X p p_a - X p m_a) + (X m p_a - X m m_a)) \\ & / ((Y p p_a - Y p m_a) + (Y m p_a - Y m m_a)) \} / 2 \\ & + (\alpha + \beta) \quad \cdots (26) \end{aligned}$$

【0149】[7時半方向のCCDカメラ40bの場合]

$$X R_{bj} = X c p_b - 2 \cdot L Y \cdot M X_b \cdot \sin(\psi_b - (\alpha + \beta)) \quad \cdots (27)$$

$$Y R_{bj} = Y c p_b - 2 \cdot L Y \cdot M Y_b \cdot \cos(\psi_b - (\alpha + \beta)) \quad \cdots (28)$$

$$\begin{aligned} \psi_b = \{ & - (Y p p_b - Y c p_b) / (X p p_b - X c p_b) \\ & + (X p p_b - X p m_b) / (Y p p_b - Y p m_b) \} / 2 \\ & + (\alpha + \beta) \quad \cdots (29) \end{aligned}$$

【0150】[4時半方向のCCDカメラ40cの場合]

$$X R_{cj} = X c p_c + 2 \cdot L Y \cdot M X_c \cdot \sin(\psi_c + (\alpha + \beta)) \quad \cdots (30)$$

$$Y R_{cj} = Y c p_c - 2 \cdot L Y \cdot M Y_c \cdot \cos(\psi_c + (\alpha + \beta)) \quad \cdots (31)$$

$$\begin{aligned} \psi_c = \{ & (Y c p_c - Y m p_c) / (X c p_c - X m p_c) \\ & - (X m p_c - X m m_c) / (Y m p_c - Y m m_c) \} / 2 \\ & - (\alpha + \beta) \quad \cdots (32) \end{aligned}$$

【0151】引き続き、較正量算出装置54は、上述のCCDカメラ40iの視野中心位置(X_{ci}, Y_{ci}) を考慮して、モニタ座標系における中心位置(X R_{ij}, Y R_{ij}) をLP座標系における中心位置(X L_{ij}, Y L_{ij})

に、次の(33) 式及び(34) 式を使用して変換する。

【0152】

$$\begin{aligned} X L_{ij} = & X_{ci} + X R_{ij} \cdot \cos \psi_i / M X_i \\ & - Y R_{ij} \cdot \sin \psi_i / M Y_i \quad \cdots (33) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y L_{ij} = & Y_{ci} + X R_{ij} \cdot \sin \psi_i / M X_i \\ & + Y R_{ij} \cdot \cos \psi_i / M Y_i \quad \cdots (34) \end{aligned}$$

【0153】次に、較正量算出装置54は、各回転位置j (回転各推定値: φ_j' (単位: [rad]))、ロータリエンコーダのカウンタ値: N_j、φ₀' = 0、N₀ = 0) における各CCDカメラ40i間における第1マークF

TM_iの中心位置の差(ΔX_{kj}, ΔY_{kj}) (k = 1, 2, 3) を、次の(35) ~ (37) 式によって算出する。

【0154】

$$(\Delta X_{1j}, \Delta Y_{1j}) = (X L_{bj} - X L_{cj}, Y L_{bj} - Y L_{cj}) \quad \cdots (35)$$

$$(\Delta X_{2j}, \Delta Y_{2j}) = (X L_{cj} - X L_{aj}, Y L_{cj} - Y L_{aj}) \quad \cdots (36)$$

$$(\Delta X_{3j}, \Delta Y_{3j}) = (X L_{aj} - X L_{bj}, Y L_{aj} - Y L_{bj}) \quad \cdots (37)$$

【0155】そして、較正量算出装置54は、各回転位置jにおける搬入アーム36の回転各推定値φ_j' を、次の(38) 式により算出する。

【0156】

【数1】

$$\Phi_j' = \tan^{-1} \left\{ \sum_{k=1}^3 (\Delta Y_k \cdot \Delta X_{k0} - \Delta X_k \cdot \Delta Y_{k0}) / (\Delta X_k \cdot \Delta X_{k0} + \Delta Y_k \cdot \Delta Y_{k0}) \right\} \quad \cdots (38)$$

【0157】引き続き、較正量算出装置54は、回転レ

ートR_jを、

$$R_j = \phi_j' / N_j \quad \cdots (39)$$

(註8) 102-280288 (P2002-280288A)

により求める。

【0158】次に、較正量算出装置54は、搬入アーム36の回転中心位置(Xc, Yc)を、次の(40)式

$$X_c = \left[-\sum_{k=1}^3 \sum_{j=2}^2 \left\{ (C_j - 1) \cdot (XL_{kj} - C_j \cdot XL_{k0} + S_j \cdot YL_{k0}) + S_j \cdot (YL_{kj} - S_j \cdot XL_{k0} - C_j \cdot YL_{k0}) \right\} \right] / \left[\sum_{k=1}^3 \sum_{j=2}^2 \{ S_j^2 + (C_j - 1)^2 \} \right] \quad \dots (40)$$

【0160】

【数3】

$$Y_c = \left[-\sum_{k=1}^3 \sum_{j=2}^2 \left\{ (C_j - 1) \cdot (YL_{kj} - S_j \cdot XL_{k0} - C_j \cdot YL_{k0}) + S_j \cdot (XL_{kj} - C_j \cdot XL_{k0} + S_j \cdot YL_{k0}) \right\} \right] / \left[\sum_{k=1}^3 \sum_{j=2}^2 \{ S_j^2 + (C_j - 1)^2 \} \right] \quad \dots (41)$$

【0161】なお、(42)式及び(43)式における

$$C_j = \cos \phi_j' \\ S_j = \sin \phi_j'$$

Cj及びSjは、

$$\dots (42)$$

$$\dots (43)$$

である。

【0162】以上のようにして、較正量算出装置54が求めたCCDカメラ40i (i=a, b, c)に関する倍率MXi, MYi, LP座標系に対する撮像視野の回転量θi、及びLP座標系における撮像視野の中心位置(Xci, Yci)、並びに搬入アーム36の回転レートRj及びLP座標系における回転中心位置(Xc, Yc)は、制御装置59に供給される。制御装置59は、この後、ウエハホルダ18から搬入アーム36への基準ウエハSWの投入を何度か行いながら較正量算出装置54の較正結果の再現性を調査する。そして、再現性が最も良いパラメータβ, Dx, Dyの値を決定する。こうして決定されたパラメータβ, Dx, Dyの値を使用して、CCDカメラ40i (i=a, b, c)に関する倍率MXi, MYi, LP座標系に対する撮像視野の回転量θi、及びLP座標系における撮像視野の中心位置(Xci, Yci)、並びに搬入アーム36の回転レートRj及びLP座標系における回転中心位置(Xc, Yc)の較正値を具体的に算出する。そして、算出された較正値を装置定数として設定する。

【0163】以上により、CCDカメラ40i及び搬入アーム36の較正が終了すると、サブルーチン101を終了する。そして、図6のメインルーチンのステップ102に処理が移行する。

【0164】ステップ102では、主制御装置20の制御のもとで、不図示のレチクルロードにより、転写したいパターンが形成されたレチクルRがレチクルステージRSTにロードされる。また、搬送アーム44(図4参照)により、露光したいウエハWが搬入アーム36にロードされる。

【0165】次に、ステップ103において、主制御装

及び(41)式により算出する。

【0159】

【数2】

置20が、プリアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36をZ軸方向に移動させて、ウエハWの表面がCCDカメラ40a, 40b, 40cによる観察面の高さ位置とする。

【0166】引き続き、ステップ104において、CCDカメラ40a, 40b, 40cにより、ウエハWの外縁近傍を撮像する。こうして撮像されたウエハWの撮像データIMD1は、主制御装置20に供給される。主制御装置20では、撮像データ収集装置51が撮像データIMD1を受信し、撮像データ格納領域55に受信データを格納する。

【0167】次に、ステップ105において、制御装置59が、撮像データ格納領域55からウエハWに関する撮像データを読み出して処理し、ノッチN(あるいは、後述するオリエンテーションフラット)を含むウエハWの形状とノッチN(あるいはオリエンテーションフラット)の位置とを検出し、ウエハWの形状パラメータである中心位置Qw、半径Rw、中心位置オフセット(ΔXw, ΔYw)、及びZ軸回りの回転角θwを測定する。そして、測定されたウエハWのZ軸回りの回転角θwに基づき、必要に応じて、制御装置59が、プリアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36を回転駆動する。引き続き、制御装置59が、プリアライメント制御装置34を介して上下動・回転機構38を制御し、搬入アーム36を駆動して、ウエハWをウエハホルダ18にロードする。

【0168】なお、上記のようにして測定された中心位置オフセット(ΔXw, ΔYw)の補正は、ウエハWのロード位置に反映させてもよいし、後述するファインアライメント時に反映させてもよい。

【0169】次いで、ステップ106において、制御装

(19) 102-280288 (P2002-280288A)

置59は、ウエハステージWST上に配置された不図示の基準マーク板を使用したレチクルアライメントや、更にウエハアライメントセンサALGを使用したベースライン量の測定等の準備作業を行う。また、ウエハWに対する露光が、第2層目以降の露光であるときには、既に形成されている回路パターンと重ね合わせ精度良く回路パターンを形成するため、上述のウエハWの形状測定結果に基づいて、ファインアライメントが行われる。すなわち、ウエハWの移動すなわちウエハステージWSTの移動を規定する基準座標系と、ウエハW上の回路パターンの配列すなわちショット領域の配列に関する配列座標系との位置関係が、ウエハアライメントセンサALGを使用して高精度で検出される。

【0170】次いで、ステップ107において、第1層目の露光が行われる。この露光動作にあたって、まず、ウエハWのXY位置が、ウエハW上の最初のショット領域（ファースト・ショット）の露光のための走査開始位置となるように、ウエハステージWSTが移動される。この移動は、上述のウエハWの形状測定結果、ウエハ干渉計24からの位置情報（速度情報）等（第2層目以降の露光の場合には、基準座標系と配列座標系との位置関係の検出結果、ウエハ干渉計24からの位置情報（速度情報）等）に基づき、主制御装置20によりステージ制御装置19及びウエハ駆動装置15等を介して行われる。同時に、レチクルRのXY位置が、走査開始位置となるように、レチクルステージRSTが移動される。この移動は、主制御装置20によりステージ制御装置19及び不図示のレチクル駆動部等を介して行われる。

【0171】次に、ステージ制御装置19が、主制御装置20からの指示に応じて、多点フォーカス位置検出系によって検出されたウエハのZ位置情報、レチクル干渉計16によって計測されたレチクルRのXY位置情報、ウエハ干渉計24によって計測されたウエハWのXY位置情報に基づき、不図示のレチクル駆動部及びウエハ駆動装置15を介して、ウエハWの面位置の調整を行いつつ、レチクルRとウエハWとを相対移動させて走査露光を行う。

【0172】こうして、最初のショット領域の露光が終了すると、次のショット領域の露光のための走査開始位置となるように、ウエハステージWSTが移動されるとともに、レチクルRのXY位置が、走査開始位置となるように、レチクルステージRSTが移動される。そして、当該ショット領域に関する走査露光が、上述の最初のショット領域と同様にして行われる。以後、同様にして各ショット領域について走査露光が行われ、露光が完了する。

【0173】そして、ステップ108において、搬出アーム42により、露光が完了したウエハWがウエハホルダ18からアンロードされる。

【0174】以上説明したように、本実施形態によれば、

較正用の基準ウエハSW上の第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcを撮像し、それぞれの撮像画像におけるユニークマークSTMによって第1マークFTM内における位置が特定された複数の格子点の位置を検出することにより、CCDカメラ40a、40b、40cそれぞれの撮像倍率、撮像視野の回転量、撮像視野の中心位置、並びに搬送アーム36の回転中心及び回転レート等について、第1マークFTMの描画精度に応じた較正をすることができる。

【0175】また、第1パターンFTMを市松模様上のパターンとしたので、格子点（蒸着部CP同士の接点）を形状特徴点として、その位置を簡易かつ精度良く検出することができる。

【0176】また、第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcが、大ずれマークTTM1、TTM2、TTM3を有することにしたので、ユニークマークSTMがCCDカメラ40a、40b、40cの撮像視野に入らなかった場合であっても、大ずれマークTTM1、TTM2、TTM3が撮像視野に入っていれば、撮像視野内における大ずれマークTTM1、TTM2、TTM3の検出位置に基づいて、撮像視野とユニークマークSTMとの位置関係を特定することができる。したがって、特定された位置関係に基づいて、基準ウエハSWを撮像視野に対して相対的に移動させることにより、ユニークマークSTMが撮像視野内に入る状態で第1基準マークFSMa、FSMb、FSMcを撮像することができる。

【0177】また、第2基準マークSSMa、SSMb、SSMc、SSMdを計測することにより、基準ウエハSWの中心軸回りの回転量を計測することができる。したがって、計測された基準ウエハSWの中心軸回りの回転量を考慮することにより精度良く較正を行うことができる。また、基準ウエハSWの位置調整にあたり、XY位置調整をウエハステージWSTの駆動制御により行い、また、基準ウエハSWの中心軸回りの回転移動を搬入アーム36の回転制御により行うので、精度良く基準ウエハSWの3自由度方向の位置を調整することができる。

【0178】また、ウエハホルダ18と搬入アーム36との間における基準ウエハSWの受け渡し時に発生する可能性のある基準ウエハSWの位置のずれ（X方向ずれ D_x 、Y方向ずれ D_y 、回転方向ずれ β ）に関する補正を行うので、非常に精度良く較正することができる。

【0179】また、工具ウエハJW上の視野領域調整の十字マークJMa、JMb、JMcをCCDカメラ40a、40b、40cによって撮像し、その撮像結果に基づいてCCDカメラ40a、40b、40cの視野領域の位置を調整するので、較正作業をスムーズに進めることができる。

【0180】また、基準ウエハSWを使用して較正されたCCDカメラ等を使用して、ウエハWの位置情報を検

(20) 02-280288 (P2002-280288A)

出するので、ウエハW位置情報（例えば、ウエハの中心位置）を精度良く検出することができる。

【0181】また、位置が高精度で測定されたウエハWがウエハステージWST上のウエハホルダ18に搭載されるので、ウエハWの位置制御を高精度で行うことができ、ひいては、パターンを精度良く基板に転写することができる。

【0182】なお、上記の実施形態では、ウエハ径が12インチであり、ノッチが6時方向にある状態でロードされる場合について説明したが、ウエハ径が12インチであり、ノッチが3時方向にある状態でロードされる場合にも本発明を適用することができる。かかる場合には、図18に示されるように、3時方向、1時半方向、及び4時半方向の外縁部に第1基準マークFTMd、FTMe、FTMcが形成された基準ウエハを使用して、対応するCCDカメラや搬入アームに関する較正を行う。

【0183】また、6時方向及び3時方向のいずれのノッチ位置に対応するために、6時方向、7時半方向、4時半方向、3時方向、及び1時半方向の5箇所の外縁部に第1基準マークFTMa、FTMb、FTMc、FTMd、FTMeが形成された基準ウエハを使用して、対応するCCDカメラや搬入アームに関する較正を行うこともできる。

【0184】また、上記の実施形態では、ウエハ径を12インチとしたが、ウエハ径が8インチ径の場合にも本発明を適用することができる。ここで、ノッチ位置が6時方向のときは、図19(A)に示されるように、6時方向、10時半方向、及び1時半方向の外縁部に第1基準マークFSMa'、FSMb'、FSMc'が形成された基準ウエハSW'を使用すればよい。また、ノッチ位置が3時方向のときは、図19(B)に示されるように、3時方向、10時半方向、及び7時半方向の外縁部に第1基準マークFSMd'、FSMb'、FSMe'が形成された基準ウエハSW'を使用すればよい。さらに、6時方向及び3時方向のいずれのノッチ位置に対応するためには、6時方向、10時半方向、1時半方向、3時方向、及び7時半方向の外縁部に第1基準マークFSMa'、FSMb'、FSMc'、FSMd'、FSMe'が形成された基準ウエハSW'を使用すればよい。そして、第1基準マークに応じて設けられたCCDカメラや、搬入アームに関する較正を行えばよい。

【0185】また、上記の実施形態では、ノッチが形成されているウエハについて説明したが、オリエンテーションフラットが形成されたウエハについても本発明を適用することができる。かかる場合には、オリエンテーションフラットの両端部と他の一箇所（例えば、オリエンテーションフラットが6時方向にあるときには、3時方向の外縁部）に、第1基準マークが形成された基準ウエハを採用し、対応するCCDカメラや搬入アームに関する較正を行えばよい。

【0186】また、上記実施形態では、第1マークとして市松模様状マークを採用したが、2次元位置が検出可能な形状特徴点が2次元状に分布するマークであれば、他のマークを採用することができる。

【0187】また、ユニークマークとして2つの小円マークを採用したが、第1マーク中の形状特徴点の位置が特定できるマークであれば、他のマークを採用することができる。

【0188】また、大ずれマークとして3つの大円マークを採用したが、ユニークマークとの位置関係が定まっているマークであれば、他のマークを採用することができる。

【0189】また、基準ウエハを繰り返し投入して、投入位置の平均が許容値内に入るようにウエハステージのロード位置を調整することも可能である。

【0190】また、受け渡し時の回転角補正量 β の最適化、及び、較正データ解析のため、較正に使用した画像1セット（例えば、1箇所6枚×カメラ3台分=18枚；1箇所6枚の内訳は、カメラの倍率、ローテーション、及び中心位置計測時の画像1枚と、搬入アームの回転中心及び回転レート計測の画像5枚（回転計測位置が5箇所の場合）である）と各画像についての計測結果をログファイルとして保存することとしてもよい。かかる場合には、 β 値を変化させて、各画像での第1マークの格子点の計測結果を使用してキャリブレーション計算のみを行うことができる。なお、画像ログファイルは、画質評価用に使用することができる。これにより、実機動作をせずに、 β の最適化、及び、トラブル時のデータ解析が可能となる。

【0191】また、上記の実施形態では、ウエハホルダ18から搬入アーム36への基準ウエハSWの受け渡し時に発生する可能性があるずれ量 D_x 、 D_y 、 β を最適化することにより決定したが、設計又は経験則により予め定められたデフォルト値を使用することも可能である。例えば、設計値を使用する場合には、通常、 $D_x=0$ 、 $D_y=0$ 、 $\beta=0$ をデフォルト値として設定することができる。

【0192】また、上記の実施形態では、走査型露光装置の場合を説明したが、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・スティッチング機を問わない。

【0193】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の較正用基準ウエハを使用することにより、撮像装置等について、精度良く較正をすることができる。

(21) 02-280288 (P2002-280288A)

【0194】また、本発明の較正方法によれば、本発明の較正用基準ウエハにより撮像装置等を較正するので、撮像装置等を精度良く較正することができる。

【0195】また、本発明の位置検出方法によれば、本発明の較正方法を使用して較正された撮像装置等によりウエハの位置検出を行うので、ウエハの位置を精度良く検出することができる。

【0196】また、本発明の位置検出装置によれば、本発明の位置検出方法を使用して物体の位置検出を行うので、ウエハの位置を精度良く検出することができる。

【0197】また、本発明の露光装置によれば、本発明の位置検出装置により基板の位置が精度良く測定されるので、基板の位置制御を精度良く行うことができ、ひいては、パターンを精度良く基板に転写することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図2(A)～図2(C)は、図1のウエハステージ及びウエハホルダの構成を説明するための図である。

【図3】アライメント時における搬入アームに支持されたウエハの近傍を示す斜視図である。

【図4】ウエハのロード及びアンロードに関する構成要素の配置を説明するための図である。

【図5】主制御装置の構成を説明するためのブロック図である。

【図6】図1の露光動作を説明するためのフローチャートである。

【図7】図6の較正サブルーチンにおける処理を説明するためのフローチャートである。

【図8】図8(A)～図8(C)は、モニタ座標系とステージ座標系の関係を説明するための図である。

【図9】図7のカメラ視野位置調整サブルーチンの処理を説明するためのフローチャートである。

【図10】図10(A)及び図10(B)は、工具ウエハ上の十字マークを説明するための図である。

【図11】工具ウエハの撮像時における工具ウエハ近傍を示す斜視図である。

【図12】図7の基準ウエハ位置調整サブルーチンの処理を説明するためのフローチャートである。

【図13】基準ウエハ上のマーク位置を説明するための図である。

【図14】基本マークの構成を説明するための図である。

【図15】図15(A)～図15(C)は、基準ウエハに形成された第1基準マークを示す図である。

【図16】基準ウエハの撮像時における工具ウエハ近傍を示す斜視図である。

【図17】図17(A)～図17(C)は、基準ウエハに関する撮像結果を説明するための図である。

【図18】3時方向にノッチを有する12インチウエハのための較正を行う基準ウエハにおける第1基準マークの形成位置を示す図である。

【図19】図19(A)及び図19(B)は、8インチウエハのための較正を行う基準ウエハにおける第1基準マークの形成位置を示す図である。

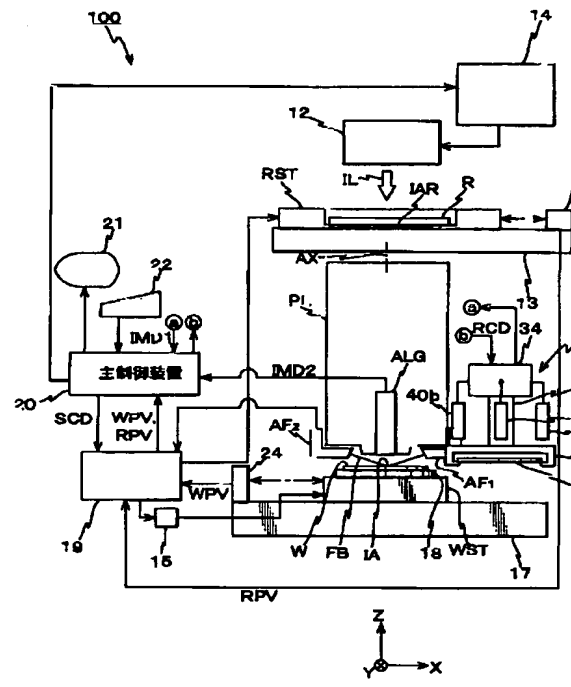
【図20】図20(A)及び図20(B)は、従来の較正方法を説明するための図である。

【符号の説明】

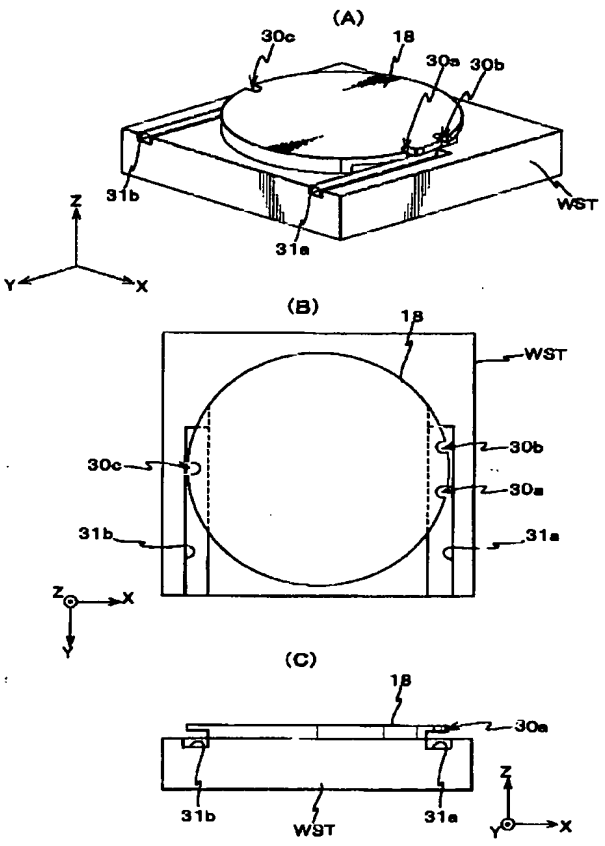
18…ウエハホルダ(ステージ装置の一部)、36…搬入アーム(支持装置)、40a, 40b, 40c…CCDカメラ(撮像装置)、53…基準ウエハ位置調整装置(較正用基準ウエハ位置調整装置:較正装置の一部)、54…較正量算出装置(較正装置の一部)、59…制御装置(視野領域位置調整装置)、FSMa, FSMb, FSMc…第1基準マーク、FTMa, FTMb, FTMc…第1マーク、SSMa, SSMb, SSMc, SSMd…第2基準マーク、STM…ユニークマーク(第2マーク)、SW…基準ウエハ(較正用基準ウエハ)、TTM1, TTM2, TTM3…大ずれマーク(第3マーク)、W…ウエハ、WST…ウエハステージ(ステージ装置の一部)。

(22) 02-280288 (P2002-280288A)

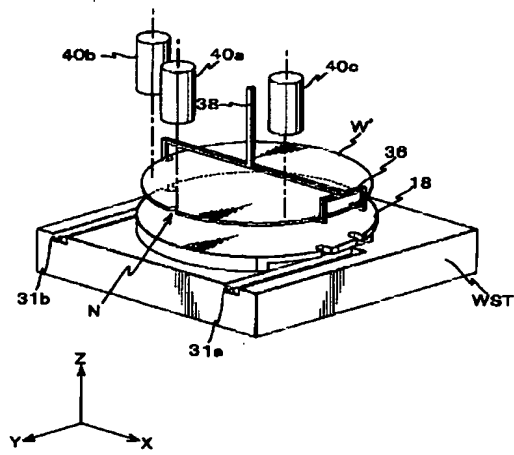
【図1】



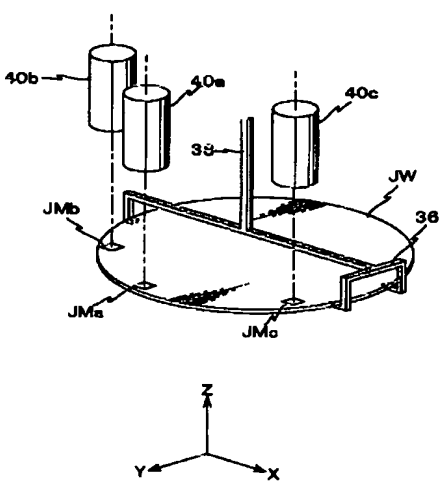
【図2】



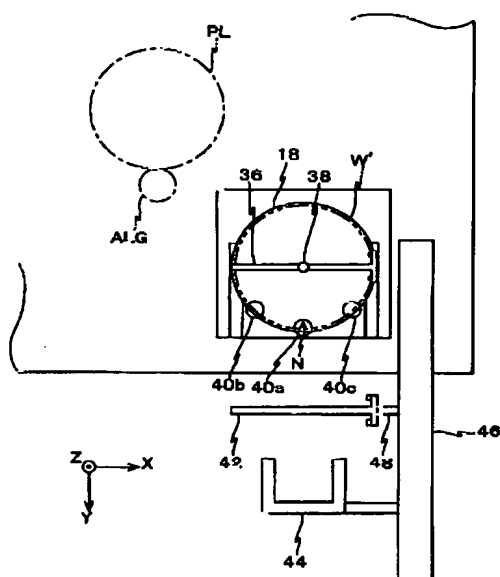
【図3】



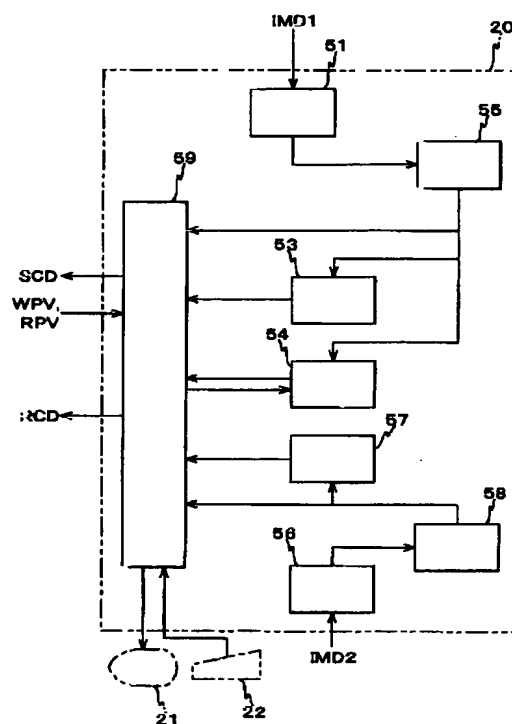
【図11】



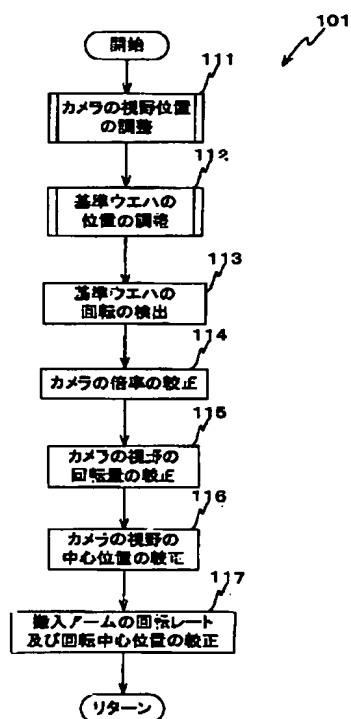
【図4】



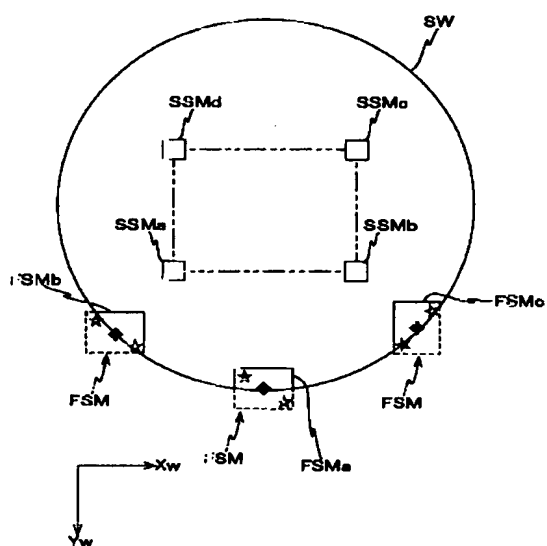
【図5】



【図7】

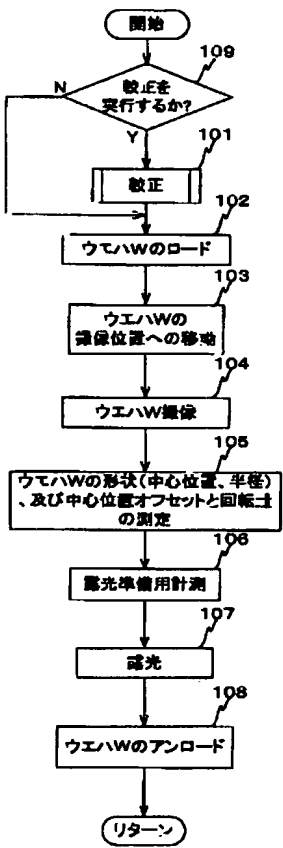


【図 13】

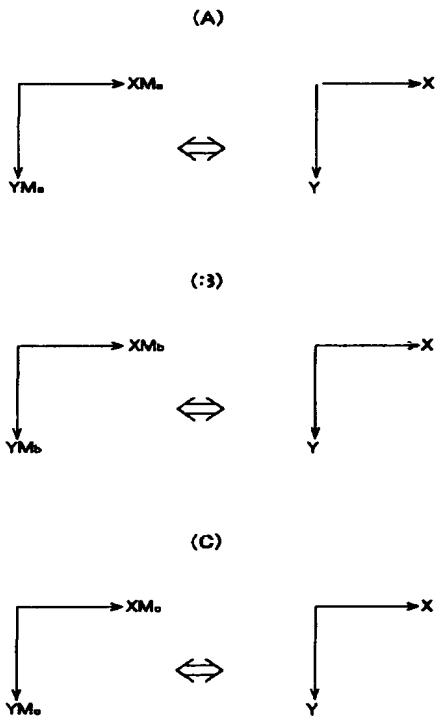


(24) 102-280288 (P2002-280288A)

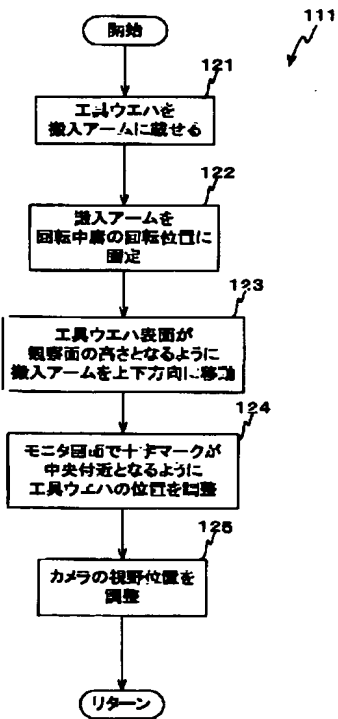
【図6】



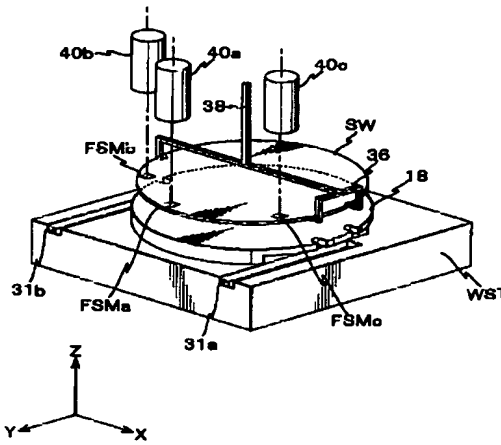
【図8】



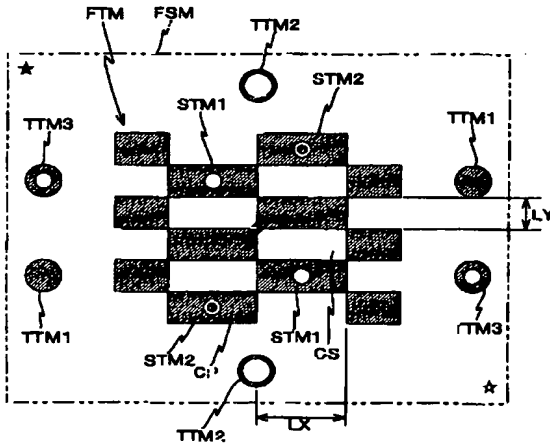
【図9】



【図16】

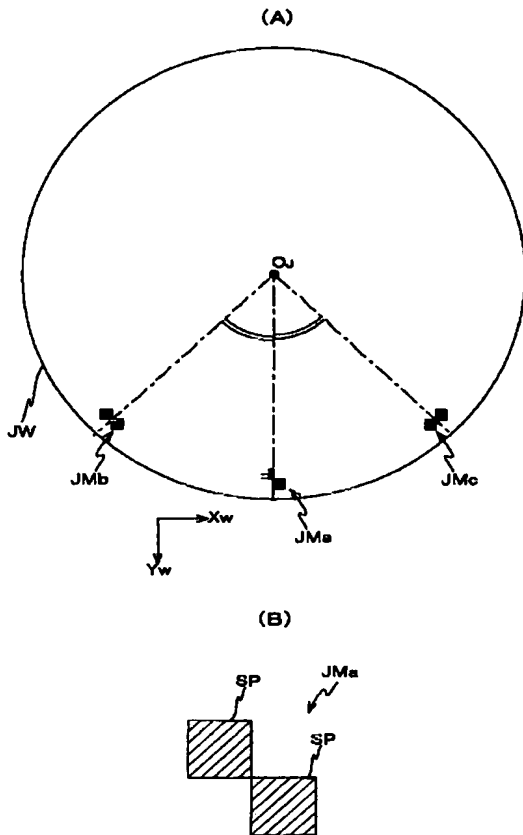


【図14】

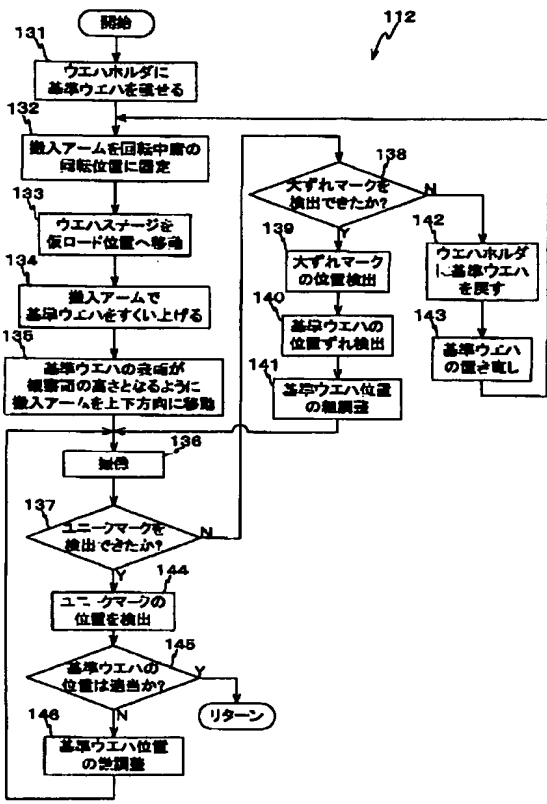


(25) 02-280288 (P2002-280288A)

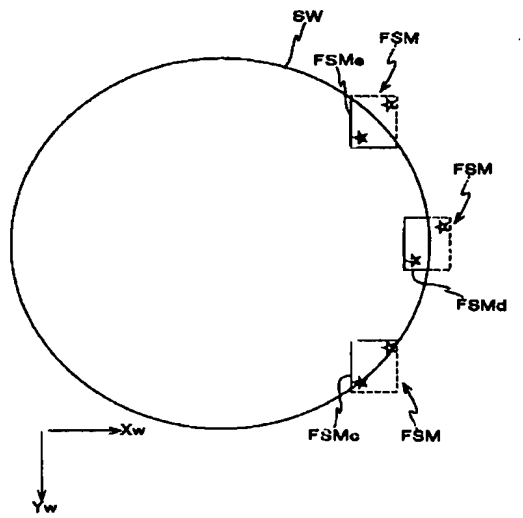
【図10】



【図12】

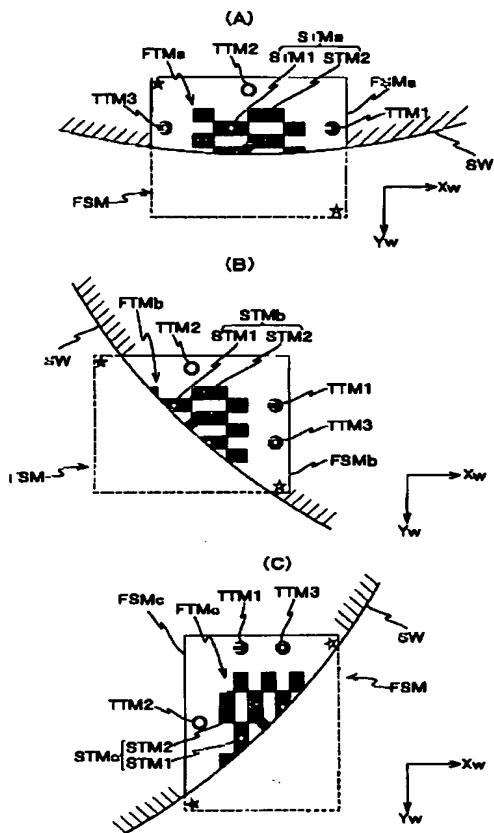


【図18】

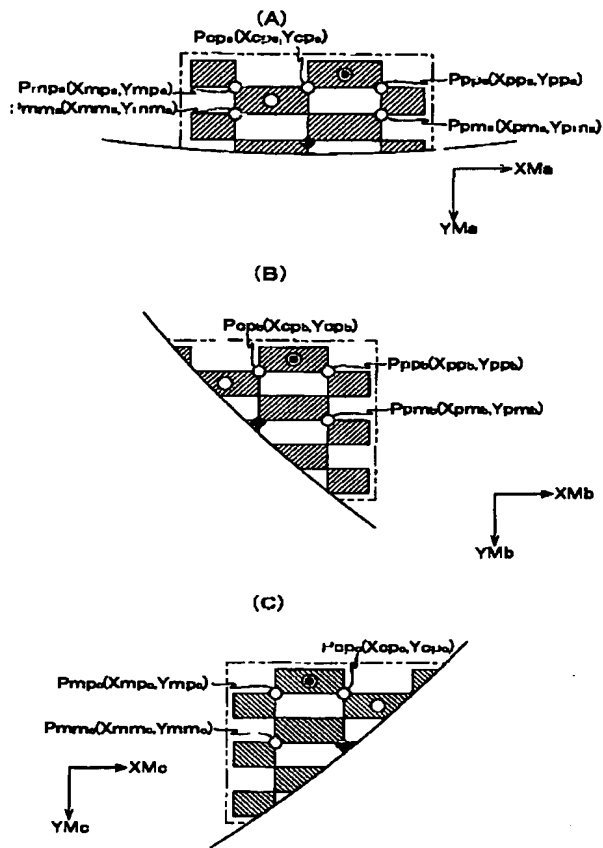


(26) 102-280288 (P2002-280288A)

【図15】

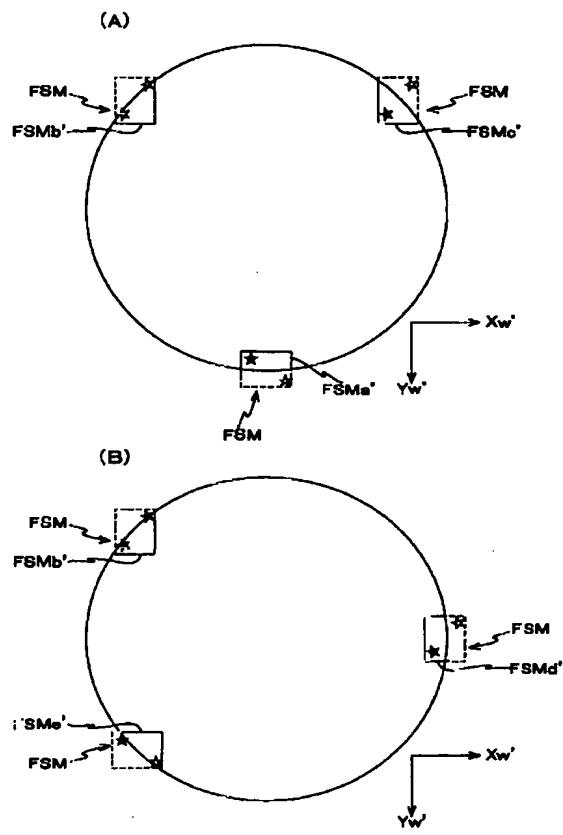


【図17】

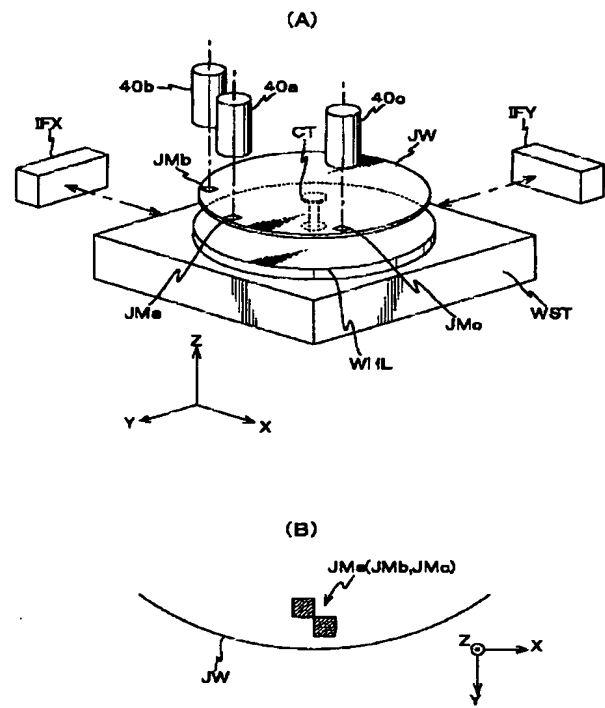


(27) 102-280288 (P2002-280288A)

【図19】



【図20】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA12 BB03 BB27 CC19 FF04
JJ03 JJ05 JJ09 JJ26 QQ31
5F046 AA20 DB05 DB10 EB01 EC05
FA10 FC06 FC08

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/IB2004/050294

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L21/68

According to International Patent Classification (IPC) to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PAJ, WPI Data, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 692 070 A (KOBAYASHI KATSUYOSHI) 25 November 1997 (1997-11-25) column 4, line 38 - column 5, line 37 column 12, line 8 - line 36 abstract; figures 5A-5D, 6, 13A column 7 - column 8	1-6
X	US 3 671 748 A (FRIEDMAN DAVID) 20 June 1972 (1972-06-20) abstract; figures 1B, 2-4, 7 claims 11-18	1-6
X	WO 01/98761 A (KLA TENCOR) 27 December 2001 (2001-12-27) abstract; claims 1-12 page 14 - page 16; figures 2-6	5, 6
A		1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *B* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 June 2004	06/07/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 6818 Patentleeu 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 681 apo nl, Fax: (+31-70) 340-3018	Authorized officer Paisdor, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/IB2004/050294

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 01, 14 January 2003 (2003-01-14) -& JP 2002 280288 A (NIKON CORP), 27 September 2002 (2002-09-27) abstract; figures -----</p>	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB2004/050294

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5692070	A	25-11-1997	JP 7253311 A	03-10-1995
			US 5840595 A	24-11-1998
US 3671748	A	20-06-1972	DE 2136439 A1	02-03-1972
			FR 2107046 A5	05-05-1972
			GB 1334128 A	17-10-1973
			JP 51028465 B	19-08-1976
			NL 7110157 A	28-02-1972
WO 0198761	A	27-12-2001	US 6462818 B1	08-10-2002
			JP 2004501516 T	15-01-2004
			WO 0198761 A1	27-12-2001
			US 6580505 B1	17-06-2003
			US 2003206303 A1	06-11-2003
JP 2002280288	A	27-09-2002	NONE	